ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. A. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN

DREIUNDVIERZIGSTER BAND. 1. HEFT.

MÜNCHEN UND **BERLIN.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1902.

Inhalt.

In dem nächsten Hefte folgen:

Die Strafsenhygiene im Altertume. Von Prof. Dr. H. A. Nielsen, Kopenhagen.

Über das Vorkommen löslicher Antimonverbindungen in Kleidungsstoffen. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann und Dr. Franz Göbel. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

Über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann in Würzburg. Nach in Gemeinschaft mit den Herren Dr. Felix Meyer aus Magdeburg und Dr. Moritz Götz aus Fischach ausgeführten Untersuchungen. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

Über die Wirkung des Einlegens von Fleisch in verschiedene Salze. Von Dr. phil. Kuschel, früher Assistent am hygienischen Institut der Universität Berlin.

Bakterielles Verhalten der Milch bei Boraxzusatz. Von Marinestabsarzt Dr. Albrecht P. F. Richter, Assistenten der Institute. (Aus den hygienischen Instituten der Königl. Universität Berlin. Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. M. Rubner.)

Über die Verfahren und Apparate zur Entwicklung von Formaldehyd für die Zwecke der Wohnungsdesinfektion. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt, und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einsendungen beliebe man an ***Prof. Rubner, Berlin C., Klosterstr. 36,*** *zu richten.*

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

DREIUNDVIERZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND BERLIN.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1902.

Inhalt.

Untersuchungen über die Reifung von Weichkäsen.

Von

Dr. **Stanislaus Epstein,**

Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institute der k. k. deutschen Karl-Ferdinands-Universität Prag. Vorstand: Prof. F. Hueppe.)

Die moderne Bakteriologie hat im Molkereiwesen grofse Fortschritte angebahnt. Wenn in dieser Beziehung auch zunächst wissenschaftliche Ziele mafsgebend waren, so konnten doch bald auch der Praxis wertvolle Anregungen gegeben werden.

Die Untersuchungen über die Zersetzungen der Milch durch Mikroorganismen führten zunächst zum Verständnisse über den Keimgehalt der Milch überhaupt. Damit wurde eine Vorfrage für alle anderen Untersuchungen exakt lösbar, nämlich die Frage der Sterilisation der Milch. Wir besitzen jetzt nach den Forschungen von Hueppe mehrere Methoden, welche ein Sterilisieren der Milch ermöglichen.

Der zweite Fortschritt für die Praxis bestand darin, dafs man nach Hueppe durch Reinkulturen von Milchsäurebakterien, sogen. Säurewecker, in der Lage ist, Butter von ganz bestimmten Eigenschaften zu gewinnen.

Der dritte praktische Fortschritt wurde angebahnt für die Herstellung des neben der Butter wichtigsten Milchproduktes, des Käses, gleichfalls durch Verwendung von Reinkulturen.

In dieser Hinsicht lagen bereits gewisse praktische Erfahrungen vor, welche zeigten, dafs bestimmte Arten von Kleinlebewesen auf das fertige Produkt von grofsem Einflusse sind. In dieser Beziehung ist die Verwendung des sogen. Edelpilzes (Varietäten von Penicillium glaucum) bei Roquefort und Gorgonzola längst bekannt. Man kann auch mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs in Gegenden, in denen seit langer Zeit Käse bestimmter Art hergestellt werden, unabsichtlich wohl längst reine Massenkulturen bestimmter Bakterien in Betracht kommen.

Klare Vorstellungen in dieser Hinsicht finden wir aber erst bei F. Cohn[1]), welcher das Reifen des Käses mit der Vegetation des Bacillus subtilis in Verbindung brachte. Damit war die Käsereifung zugleich in schroffen Gegensatz gesetzt zur Gerinnung des Käsestoffes durch Milchsäurebakterien, weil das Erweichen der Käse beim Reifen als eine Auflösung des Käsestoffes gedeutet wurde. Die nächsten exakten bakteriologischen Untersuchungen ergaben in der That grundsätzliche Unterschiede in dem Verhalten verschiedener Bakterienarten gegenüber der Milch und dem aus der Milch ausgeschiedenen Käsestoff. Schon Pasteur hatte gelegentlich in der Milch, wenn sie beim Versuche der Sterilisierung nicht durch Säurebakterien zur Gerinnung gebracht war, trotz dieser Konservierung durch Erhitzen »Infusorien« beobachtet, die Cohn a. a. O. für Buttersäurebakterien hielt. Nägeli[2]) glaubte ähnliche Beobachtungen im Sinne der Umwandlung einer Bakterienart in eine andere deuten zu können, indem er annahm, dafs die Milchsäurebakterien durch Erwärmen in andere Modifikationen übergehen, welche andere Wirkungen hervorrufen.

Diese Frage wurde von Hueppe[3]) dahin gelöst, dafs er zwei Arten der Kaseinausscheidung durch Bakterien sicherstellte; die eine Gerinnungsweise erfolgt unter der Wirkung der Milchsäurebakterien dadurch, dafs diese so viel Säure bilden, dafs das

1) Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, 1872, Heft 2, S. 172; 1875, Heft 3, S. 193.
2) Die niederen Pilze, 1877, S. 21, 63.
3) Mitteilungen aus dem kais. Gesundheitsamte, II, 1884.

Kasein ausgeschieden wird; die andere erfolgt durch Bakterien, welche ohne wesentliche Änderung der Anfangsreaktion oder bei alkalischer Reaktion das Kasein durch ein labähnliches Enzym zur Ausscheidung bringen. Das so ausgeschiedene Kasein wird dann durch proteolytische Enzyme mehr oder weniger gelöst, wobei gleichzeitig die weifse Farbe des Käsestoffes in Gelb übergeht und meist gleichzeitig eine Änderung des Geschmackes, z. B. Bitterwerden, eintritt und verschiedene Gerüche auftreten, die von angenehmem Aroma bis zum unangenehmen Gestank wechseln können. Ganz besonders finden sich Bakterien, welche derartige Wirkungen ausüben, unter den Sammelspezies der Heu-, Buttersäure-, Erd- und Kartoffelbakterien.

Duclaux[1]) hatte schon vor dieser Feststellung von Hueppe und in Anlehnung an den Gedankengang von Cohn in ausgedehnten Untersuchungen die bestimmte Ansicht ausgesprochen, dafs Bakterien, welchen er den Namen Tyrothrix beilegte, die Käsereifung veranlassen. Diese Tyrothrixarten gehören übrigens, wie Hueppe später an alten eingeschmolzenen Kulturen feststellte, die von Duclaux zugeschickt waren, ohne Ausnahme den obengenannten Sammelspezies an.

Diese Identificierung der Duclauxschen Tyrothrixarten mit den peptonisierenden gewöhnlichen Arten mufste in Verbindungen mit den Ermittlungen Hueppe's über die Wirkungsweise dieser Arten die Auffassung von Cohn und Duclaux über die Käsereifung ausschliefslich durch peptonisierende Bakterienarten zunächst stützen.

Nur liefsen sich die grofsen Unterschiede im Verhalten von Hart- und Weichkäse nicht so leicht mit diesen Vorstellungen in Einklang bringen, und es stimmte mit der Auffassung von verschiedenen Bakterienarten als spezifischen Erregern der Reifung besonderer Käsesorten schlecht zusammen. Mindestens hätte man erwarten müssen, dafs wenigstens verschiedene Gruppen von Käsen auch verschiedene Gruppen, selbst verschiedene Arten von Bakterien causal erkennen liefsen.

1) Le Lait, 1882.

Die Feststellung der Beziehungen der Bakterien als der äufseren Erreger von Gärungen zu dem gärungsfähigen Material, als der inneren Anlage, und zu den äufseren Gärungsbedingungen, die Hueppe[1]) gab, klärte manches auf. So mufs erfahrungsgemäfs die Milch zur Darstellung von Hart- oder Weichkäsen bei verschiedenen Temperaturen, kürzer oder schneller gelabt, das Koagulum in verschiedener Weise geprefst und bei verschiedenen Temperaturen zur Reife gebracht werden. Dies erscheint uns jetzt fast selbstverständlich, da derartige verschiedene Vorbedingungen ein Material liefern müssen, welches in ganz verschiedener Weise für Gärungsvorgänge disponiert oder veranlagt ist. Diese Vorgänge, in deren Verwertung die Erfahrung der Theorie vorausgegangen ist, bedürfen jetzt gerade so gut wie die bakteriologischen Ermittlungen sorgfältiger wissenschaftlicher Prüfung, wenn man Käse einer bestimmten Gattung herstellen will.

Aber auch bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse liegen sowohl praktische wie wissenschaftliche Erfahrungen vor über die Käsereifung, die mit den Vorstellungen von Cohn und Duclaux nicht in Einklang zu bringen sind.

In Holland hat man schon seit längerer Zeit gelegentlich sauere Molken der zu labenden Milch zugesetzt; man wollte damit zunächst das Laben selbst günstiger und gleichmäfsiger gestalten und hat in dieser Hinsicht erfahrungsgemäfs etwas festgestellt, was wissenschaftlich erst in den letzten Jahren genauer ermittelt wurde; Milch nämlich, welche so hoch erhitzt ist, dafs sie bei ihrer Anfangsreaktion nicht mehr durch Lab koaguliert wird, kann bei Zusatz von sauerer Molke oder unter vorheriger Einwirkung von Milchsäurebakterien wieder in normaler Weise durch Lab zur Gerinnung gebracht und damit zur Käsefabrikation verwendet werden. Man begreift auf diese Weise einigermafsen, weshalb sich der Irrtum von Soxhlet so lange halten konnte,

1) Über einige Prinzipienfragen der Gärungsphysiologie; Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Nr. 7, und Über die Ursachen der Gärungen und Infektionskrankheiten und deren Beziehungen zum Causalproblem und zur Energetik, Berlin 1893.

dafs Lab- und Säuregerinnung identisch seien. Derartige Erfahrungen über günstige Beeinflussung der Labwirkung durch sauere Molke hatten Persyn[1]) dazu geführt, sauere Molken bestimmter Beschaffenheit planmäfsig für die Herstellung von Hartkäsen in Holland in Betracht zu ziehen. Persyn hat auf empirischem Wege ermittelt, dafs die sauere Gärung, die bei den Holländischen Hartkäsen von entscheidender Bedeutung ist, und in seinen weiteren Versuchen mit Hueppe wurde mit voller Sicherheit festgestellt, dafs nach erfolgter Labwirkung die absichtlich mit der sogen. »langen Wei« zugesetzten Milchsäurebakterien (Streptococcus Hollandicus Hueppe) die besondere Richtung der Käsereifung in diesen Hartkäsen herbeiführen. Damit war wissenschaftlich und praktisch zum erstenmal ermittelt, dafs die Reifung bestimmter Hartkäse durch Milchsäure-Erreger eingeleitet und vielleicht zu Ende geführt wird. Ähnliche Erfahrungen über den Nutzen von sauerer Molke bei der Herstellung von Emmenthaler Käse hat v. Freudenreich[2]) zum Ausgange von Untersuchungen benutzt, die ergaben, dafs auch für die Schweizer Hartkäse jedenfalls die Säurebakterien das Bestimmende sind. Ich[3]) selbst habe dann in exakter Weise mit Reinkulturen und sterilisierten Medien festgestellt, dafs die Arten der Milchsäurebakterien für die Einleitung und den Verlauf der Reifung von Hartkäsen entscheidend sind. Über günstige Erfahrungen bei Verwendung von Milchsäurebakterien bei der Käsereifung berichtet auch J. R. Campbell[4]). Er erzielte bei der Herstellung von Cheddarkäsen vorzügliche Resultate durch Anwendung von reinen Massenkulturen — im Hueppe'schen Sinne — von Milchsäurebakterien. Dazu diente eine mehrmals umgezüchtete sauere Milch, in der die Milchsäurebakterien vorherrschen.

Er nennt eine solche Kultur »a homemade starter«. Es ist selbstverständlich, dafs je nach dem Ausgangsmaterial und nach

1) Milchzeitung, 1889, Nr. 22.

2) Centralblatt f. Bakteriologie, 1895, Abt. II, Bd. XVII, S. 168, 230, 271, 342, 854.

3) Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 329.

4) Exp. Stat. Record Wash., 1899, II, 283; citiert nach Weigmanns Referat in Chemiker Zeitung, 1900, Nr. 96.

der Art des Arbeitens solche »reine« Massenkulturen wirkliche Reinkulturen sein können, wie dies Grotenfelt[1]) festgestellt hat, oder dafs sie neben Milchsäurebakterien auch andere auf sauerem Nährboden wachsende Bakterien mitenthalten. In der Regel findet man unter solchen Umständen keine so reichhaltige Flora, wie die Gegner von Freudenreich meinen. Oft sind mehrere Varietäten von Milchsäurebakterien vorhanden, oft aber auch Reinkulturen einer Art oder Varietät. Das Letzte wird um so wahrscheinlicher, wenn in einer Molkerei jahrelang nach demselben Verfahren eine bestimmte Käsesorte hergestellt wird.

Diese Erfahrungen aus Amerika stehen im vollen Einklange mit den Erfahrungen in der Schweiz und Holland. Man mufs schon sehr voreingenommen sein, wenn man diese grundlegenden Thatsachen für die Reifung der Hartkäse nicht achten will, wie dies besonders von Weigmann geschieht. Diese »primäre« Reifung durch den ganzen Käse durch ist für den Verlauf der Reifung und das Aussehen der Hartkäse von entscheidender Bedeutung.

Daneben können die Milchsäurebakterien noch die Bedeutung haben, dafs sie andere Bakterien beseitigen oder in Schach halten, welche ohne dieses Moment sogen. »Krankheiten« des Käses verursachen können.

Nach dem Aussehen der reifen Käse zu urteilen, könnte aber auch bei Hartkäsen noch eine »sekundäre« Reifung von aufsen nach innen mitbeteiligt sein. In diesem Sinne werden die Resultate verständlich, die Adametz und Klecki[2]) erhielten, indem sie Emmenthaler Käse mit einer, Bacillus nobilis genannten Tyrothrixart herstellten. Diese Ermittlungen werden aber neuerdings von Freudenreich und Orla Jensen bestritten. Hält man an der Möglichkeit fest, dafs an der Rinde wachsende Keime nach innen vordringen oder durch Enzyme Wirkungen ausüben können, so bedürfen gerade bei Hartkäsen diese Dinge sorgfältigerer Untersuchungen, als sie in den letzten

1) Fortschritte der Medizin, 1889, VII, Nr. 2 u. 4.

2) Österr. Molkerei-Ztg., VI, 1900, Nr. 19—24; Österr. Molkerei-Ztg., VII, 1900, Nr. 16—18; vergl. auch Winkler in Molkerei-Ztg., 1900, Nr. 51 u. 52.

Jahren erfahren haben. Es ist bis jetzt gar nicht berücksichtigt, dafs gerade die Veränderungen, welche die Eiweifskörper im Käse durch die Vegetation der Milchsäurebakterien erfahren, die Vegetation und Wirkungsweise der von der Oberfläche wirkenden Keime beeinflussen müssen. Dann ist bis jetzt nicht berücksichtigt worden, dafs bei denjenigen Käsen, deren Oberfläche stark gesalzen wird, dieser Salzgehalt auf das Leben der Keime von gröfstem Einflusse sein mufs, wie dies durch die Untersuchungen von Petterssen[1]) für die Reifung der Fischkonserven nahe gelegt wird, die manche Analogie mit der Käsereifung bieten. Wir behalten uns diese Untersuchungen vor.

Wenn ich diese Arbeiten zunächst nicht in Angriff genommen habe, so lag es daran, dafs die Reifung der Weichkäse es zu ermöglichen schien, diese Frage von einem anderen Gesichtspunkte aus zu bearbeiten.

Die Milch und die aus ihr gewonnenen Produkte sind infolge ihrer chemischen Zusammensetzung geeignet, den heterogensten Bakterien- und Pilzarten günstige Existenzbedingungen zu bieten, so dafs bekanntlich die Milch bei der bakteriologischen Differentialdiagnose längst eine grofse Bedeutung erlangt hat. Im Verlaufe der Zersetzungen durch die eine oder andere Art ändern sich die Produkte und damit werden weitere neue Lebensbedingungen für andere Arten geschaffen. Gerade die methodischen Schwierigkeiten, die sich daraus ergeben, haben es so lange verhindert, die Zersetzungen der Milch an der Hand von Reinkulturen zu untersuchen, bis die Vorversuche von Pasteur und Lister einen vorläufigen Einblick gewährten, und die Versuche von Hueppe die erste Lösung brachten. Trotzdem wir demnach eigentlich sowohl im Ausgangsmaterial, der Milch, als in den zur Käsedarstellung daraus hergestellten Produkten erwarten mufsten, jedesmal eine aufserordentliche Vielheit der Bakterienflora zu finden, ist dies in Wirklichkeit durchaus nicht in so hohem Grade der Fall. Wenn man von den Penicillium-Vegetationen bei Gorgonzola und Roquefort absieht, so erkennt

1) Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 171.

man bald, dafs die überaus wechselnden Pilzvegetationen meist nur sekundärer Art sind, dafs sie meist erst auf Kosten des Käses leben, denselben unangenehm beeinflussen, sich an der Bildung der spezifischen Eigenschaften aber nicht beteiligen. Nur für einige Weichkäse bedarf noch die Rolle der Pilze einer genauen Untersuchung nach der Richtung, ob dieselben für deren Reifung oder den Geschmack unerläfslich sind. Die Untersuchungen sind bereits in Gang und wird darüber bald berichtet werden. Für die meisten Hart- und Weichkäse kommt dieser Faktor jedoch nicht primär in Betracht.

Untersucht man nach diesen Ermittlungen die Hartkäse, so fällt ohne Rücksicht auf das Reifungsstadium im allgemeinen eine Armut an Tyrothrixarten auf, welche Arten noch dabei sehr wechseln, während sich die Milchsäure-Erreger in typischen Verhältnissen vorfinden. Gerade umgekehrt ergaben Untersuchungen über Weichkäse eine relative Armut der konstant vorhandenen Milchsäurebakterien gegenüber dem Reichtum an peptonisierenden Arten. Das veranlafste mich nunmehr, den Camembert-Käse einer besonderen Untersuchung zu unterwerfen; ich benutzte zu den definitiven Versuchen die beste Qualität — le favorit — der Firma Le Breton & Aussenac in Paris, zur Orientierung auch die sehr gute Qualität Jockey-Club der Firma Früh & Maurice in Paris. Im ganzen habe ich 20 Camembert-Käse von verschiedenen Daten der ersten Art genauer untersucht.

Während Façon-Weichkäse aus Böhmen in Aussehen, Geruch, Geschmack, Bakterienbefund aufserordentlich schwankten, zeigten von diesen 20 Käsen 19 ein gleichmäfsiges Aussehen und denselben tadellosen Geschmack und Geruch, nur einer entsprach nicht den Anforderungen eines erstklassigen Produktes, aber wohl nur wegen sekundärer Schimmelvegetation. Man ersieht daraus, dafs es ebenso wie bei Hartkäsen auch bei Weichkäsen gelingt, in der Praxis gleichmäfsige Bedingungen herzustellen, die — wie in der Gärungsindustrie überhaupt — einem Arbeiten mit reinen Massenkulturen entsprechen.

In jedem einzelnen Falle wurden unter den entsprechenden Vorsichtsmafsregeln für steriles Arbeiten von verschiedenen

Stellen, von der Oberfläche und aus dem Innern, Partikelchen entnommen für mikroskopische und kulturelle Prüfung. Die entnommenen Partikel wurden durch Zerreiben und Schütteln in steriler Bouillon oder physiologischer Kochsalzlösung möglichst gleichmäfsig verteilt und dann zu den Versuchen verwendet. Aufser den gewöhnlichen aëroben Platten wurden auch anaërobe Kulturen angelegt. Wegen einer Kontroverse zwischen v. Freudenreich und Weigmann über die Mitbeteiligung anaërober Bakterien war dies erforderlich. Mit Rücksicht auf die Temperatur wurde Gelatine und Agar-Agar verwendet, die Kulturen wurden bei Zimmertemperatur und bei 30—32° gehalten.

Als Lösungen kamen in Betracht Bouillon, Molke, Kasein-Kali und Parakasein-Kali. Das Kasein-Kali wurde aus Milch durch Fällen mit Milchsäure gewonnen, sorgfältig reingewaschen, durch Extraktion mit Äther von Fett befreit, im Vakuum getrocknet und nach Bedarf in möglichst geringer Menge von $^1/_{10}$ Normal-Kalilauge gelöst. Für die Nährböden wurden 2% dieses Stoffes verwendet. Das Parakasein-Kali wurde in analoger Weise hergestellt, nachdem die Ausfällung durch Lab vorgenommen worden war. Zum schnellen Erkennen der säurebildenden Bakterien und zur Differenzierung gegen die anderen wurde den Nährböden 2% Milchzucker und feingeschlemmte Kreide zugesetzt.

Es sei gleich vorausgeschickt, dafs sich in sämtlichen 20 Käsen konstant zwei Organismen fanden, ein peptonisierendes Kurzstäbchen und ein Milchsäure bildender Kokkus; in einigen der Käse kamen nur diese zwei Arten vor; in anderen fand sich noch ein weder Säure noch Pepton bildende Bakterienart; in anderen waren daneben andere Organismen vorhanden.

Die Schnittfläche der Käse zeigte in verschiedenem Grade der Ausbildung dasselbe Verhalten. Die oberflächliche Schicht ist gleichmäfsig schmierig von gelblicher Farbe; dann folgt eine gelbliche speckige Zone und darauf ein feucht glänzender weifser, spärlich und fein gelochter Kern. Die Verteilung der Bakterien im Käse ist ganz charakteristisch, und der mikroskopische Befund und das kulturelle Verhalten stehen in vollem Einklang.

In der oberflächlichen schmierigen Schicht ist die üppigste Bakterienvegetation mit Vorherrschen von Kurzstäbchen; die unregelmäfsig vorhandenen und wechselnden accidentellen Keime finden sich nur in der oberflächlichen Schicht, wenigstens habe ich sie nur dort gefunden; die Reaktion dieser Schicht ist alkalisch. Die zweite speckige Schicht unter der Oberfläche läfst einen Wechsel der Bakterienflora erkennen, nach der Oberfläche zu ist sie reichlich durchsetzt von den Kurzstäbchen, diese nehmen dann nach innen zu ab und fehlen unmittelbar über dem weifsen Kern ganz. Dafür treten an dieser Stelle vereinzelte Säurebakterien auf; in dieser Übergangsschicht ist die Reaktion schwach alkalisch bis neutral. Ganz durchgereifter Käse ist überall alkalisch.

In dem weifsen Kern finden sich nur und reichlich Milchsäurebakterien und sauere Reaktion. Man ersieht daraus in klarster Weise, dafs die Reifung dieser Weichkäse von der Oberfläche nach dem Innern fortschreitet. Die in der Erweichung sich aussprechende starke Peptonisierung der Grundsubstanz ist am intensivsten und weitesten fortgeschritten, wo die Vegetation der peptonisierenden Bakterien am längsten und intensivsten gewirkt hat, das ist an der Oberfläche. Nach innen zu geht die Wirkung der diffundierenden löslichen Stoffwechselprodukte und der Enzyme der peptonisierenden Bakterien der Vegetation der Bakterien voran. Die alkalischen Stoffwechselprodukte (Ammoniak!) neutralisieren die Milchsäure des Kerns und machen Schicht für Schicht das Material ungeeigneter für die Vegetation der Milchsäurebakterien. Diese sterben infolgedessen von der Oberfläche nach dem Innern schichtweise ab, ihre Leibessubstanz wird vielleicht durch die peptonisierenden Enzyme der anderen Art aufgelöst, während die letzteren das weifse Parakasein verflüssigen und gelblich verfärben. Durch das Wirken der Milchsäurebakterien im Innern und die Notwendigkeit, die Stoffwechselprodukte der Milchsäurebakterien zu neutralisieren, dürfte wohl ein zu intensives Peptonisieren der ganzen Käsemasse und ein vollständiges Verflüssigen derselben verhindert werden. Zum guten Resultate ist das Nacheinander- und Nebeneinanderwirken beider Arten unerläfslich.

Ich führe nun die Ermittlungen an den einzelnen Käsen an:

Nr. 1. In diesem Käse kommen nur zwei Arten zur Entwicklung:

a) Aus den oberflächlichen Partien entwickelt sich eine Tyrothrixart **a**, wie ich mich kurz ausdrücken will, das heifst eine Art, welche ein peptonisierendes Enzym ausscheidet. In Gelatineplatten waren die Kolonien rundlich mit feingezacktem Rande, von gelblich weifser Farbe; bald tritt ein Verflüssigungshof ein, an dessen Grunde die Kolonien keine besondere Anordnung zeigen, später tritt intensive Verflüssigung der Gelatine ein. Im Gelatine-Stich und -Strich tritt schnell Verflüssigung ein, ehe es zur Bildung von charakteristischen Kolonien kommt. Auf Agar-Agar sind die Kolonien rund, von gelblich weifser Farbe. Im Agarstrich entwickelt sich eine breite, gelblich weifse, schmierige Auflagerung. Auf Platten mit kohlensauerem Kalk tritt keine Aufhellung in der Umgebung der Kolonien auf, die Bakterien bilden also keine Säure. Mikroskopisch färben sich die Bakterien gut. Bildung von endogenen Sporen wurde nicht beobachtet. Bei stärkerer Vergröfserung erscheinen die Organismen in Gelatine ohne besondere Anordnung, meist vereinzelt in Form von ganz kurzen, fast eiförmigen Stäbchen; in Agar und Bouillon sind es deutliche Kurzstäbchen, oft mit stärkerer Polfärbung; eine besondere Eigenbewegung wurde nicht wahrgenommen. Die Bakterien sind streng aërob.

b) Aus dem weifsen Kern des Käses entwickelte sich eine säurebildende Art **b**. In Gelatine sind die Kolonien kugelrund, von weifser Farbe, an der Oberfläche knöpfchenartig rund, von glänzend weifser Farbe. Im Gelatinestich bilden sie je nach der Menge des Materials einen Faden aus mehr oder weniger dichtgedrängten einzelnen Kolonien. An der Oberfläche der Stichöffnung ragen dieselben kaum über die Gelatine empor. Auf dem Gelatinestrich bildet sich eine schmale weifse, scharf abgesetzte Auflagerung. Die Gelatine nahm infolge der Vegetation einen schwach aromatischen Geruch an. Auf und im Agar sind es ebenfalls weifse rundliche Kolonien ohne besondere Merkmale. Auf Agarstrich ist das Wachstum etwas stärker wie

auf Gelatine. Auf Milchzucker-Nährboden mit kohlensauerem Kalk tritt um die Kolonien infolge der Auflösung von kohlensauerem Kalk ein lichter Hof auf; die Bakterien bilden also eine Säure. Mikroskopisch sind es in allen Nährböden Kokken, die in Ketten angeordnet sind, von denen ich solche bis zu 30 Einzelgliedern gesehen habe; Besonderheiten in der Färbung habe ich nicht wahrgenommen; diese Streptokokken sind fakultativ aërob und scheinen bei Luftabschlufs eher besser zu wachsen. Diese Art ist bis jetzt nicht beschrieben, vielleicht ist sie identisch mit einer von Storch[1]) beobachteten, aber nicht weiter studierten Art.

Nach dieser Orientierung will ich jetzt kurz die Befunde bei den anderen Käsen angeben:

Käse Nr. 2, es fand sich Art **a** und **b**, daneben noch eine dritte **c**, welche aus schmalen Stäbchen bestand, deren Kolonien in Gelatine und Agar nichts Besonderes boten, die weder Säure bildeten, noch peptonisierten;

Käse Nr. 3, wie bei 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 4, Bakterien **a** und **b** gefunden; daneben eine Hefe, welche Ascosporen bildete, mit Ausnahme von Milchzucker alle Zuckerarten vergärte und zu der Gruppe der Spiritushefen gehörte;

Käse Nr. 5, wie 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 6, **a** und **b** und daneben vereinzelte Sprofszellen einer Torula-Art;

Käse Nr. 7, Nr. 8, Nr. 9, Nr. 10, nur **a** und **b**;

Käse Nr. 11, **a** und **b**, an der Oberfläche eine dichte Vegetation von Oidium lactis, der Geruch ist weniger rein wie der der anderen;

Käse Nr. 12, Nr. 13, wie 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 14, **a** und **b** und Torula wie bei 6;

Käse Nr. 15, Nr. 16, nur **a** und **b**;

Käse Nr. 17, **a**, **b** und **c**;

Käse Nr. 18, Nr. 19, Nr. 20, nur **a** und **b**.

---

1) Siehe Jörgensen, Die Mikroorganismen der Gärungsindustrie, 4. Aufl., 1898, S. 82.

Zur weiteren Charakterisierung der Bakterien **a** und **b** sei folgendes angeführt.

Die Tyrothrix **a** wächst auf Kartoffeln mit gelblich gefärbtem dünnen Belag ohne Besonderheit. Bouillon wurde gleichmäfsig getrübt, ohne Häutchen an der Oberfläche; nach einiger Zeit bildete sich ein Bodensatz. In sterilisierter Magermilch trat in den ersten Übertragungen keine Gerinnung ein, sondern vom 2.—3. Tage ab sofort eine zonenmäfsig fortschreitende Verflüssigung des Kaseins, so dafs nach 2 Wochen ungefähr nur ein Bodensatz vorhanden war. Nach längerer Züchtung tritt bei Überimpfung in Milch erst deutliche Ausscheidung des Kaseins und dann erst die Peptonisierung ein. Die Flüssigkeit ist anfangs gelblich durchscheinend und wird später etwas dunkler, mehr bräunlich, wenig opalisierend; die Reaktion ist alkalisch und zeigt Ammoniak- und Biuret-Reaktion. Gelatine mit Kasein-Kali und Parakasein-Kali bieten keine Besonderheiten gegenüber gewöhnlicher Gelatine.

Die Säurebakterien **b** zeigen auf Kartoffeln einen ganz feinen weifsen Belag. In Bouillon zeigt sich ein sehr schwaches Wachstum am Boden, jedoch keine diffuse Trübung und keine Häutchenbildung. In Molke tritt ein sehr starkes Wachstum mit Trübung und Bodensatz, jedoch ohne Bildung von Häutchen ein. In der Milch erfolgt in 18 Stunden eine homogene Gerinnung ohne sichtbare Gasbildung; mit Lackmus gefärbte Milch und Molke werden erst rot, dann entfärbt.

Die oben erwähnten anderen Organismen habe ich auch auf den verschiedenen Nährböden untersucht, unterlasse jedoch eine nähere Beschreibung, weil dieselben für die Käsereifung ohne Bedeutung sind.

Verhalten der Bakterien a und b in Molke.

Die zur Untersuchung verwendete Molke wurde jedesmal in zwei Teile geteilt zu je 300 ccm und durch Kochen oder mittels Filtrierens durch Berkefeldfilter keimfrei gemacht; der eine Teil blieb ohne Zusatz, der zweite wurde mit Kalciumkarbonat versetzt zur Bindung der Säuren.

Bei Impfung mit dem Säureorganismus **b** entwickelte sich in der anfangs gelblich opalisierenden Flüssigkeit schon in 24 Stunden eine starke Trübung; nach 24 Stunden verbrauchten 25 ccm mit Lackmus als Indikator 2,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-KHO, nach 48 Stunden 4,2 ccm $^1/_{10}$ Normal-KHO, nach 72 Stunden 4,65 ccm $^1/_{10}$ Normal-KHO; in 100 ccm waren demnach als Milchsäure berechnet vorhanden 0,1712 g. Nach dieser Zeit trat keine weitere Zunahme der Säure ein, und unter Bildung eines Bodensatzes klärte sich die Lösung wieder.

Um die Säurebildung auf verschiedene Zuckerarten zu prüfen, habe ich verschiedene Zuckerarten in stark verdünnter Bouillon mit dem Organismus geimpft und dann die Säure in 25 ccm mit $^1/_{10}$ Normal-Kalilauge bestimmt Das Resultat ergibt folgende Tabelle:

Zuckerart	in 24 St.	in 48 St.	in 72 St.	in 96 St.	in 8 Tagen
Milchzucker . . .	2,5	4,2	4,6	4,6	4,6
Traubenzucker . .	3,0	4,5	5,4	5,4	5,4
Maltose	1,0	2,2	2,75	2,75	2,75
Rohrzucker	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Man sieht daraus, dafs Traubenzucker am stärksten angegriffen wird, am schwächsten Maltose, gar nicht Rohrzucker.

Die mit kohlensauerem Kalk versetzte Molke war nach 2 Wochen wieder klar geworden, ein grofser Teil des Kalkes war in Lösung gegangen, wie ich bei Zusatz von oxalsauerem Ammon durch Ausscheidung von oxalsauerem Kalk leicht feststellen konnte. Noch nach 4 Wochen war ein Teil des Zuckers vorhanden. Die Molke wurde filtriert, am Wasserbade eingedampft, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt, wobei sich sofort ein krystallinischer Niederschlag von Gips bildete. Dieser breiartige Niederschlag wurde sofort einer Destillation unterworfen, wobei jedoch flüchtige Säuren nicht nachweisbar waren. Der im Kolben verbliebene Rückstand wurde 2 Tage mit Äther extrahiert, die ätherische Lösung hatte stark sauere Eigenschaften und gab nach Verdunsten des Äthers die Uffelmannsche Reaktion. Nach Abdestillieren des Äthers verblieb eine schwach gelblich

gefärbte Flüssigkeit, aus der durch Zugabe von kohlensauerem Zink Krystalle sich bildeten, welche sich nach ihrem mikroskopischen Aussehen, Drehungsvermögen und Krystallwasser als milchsaueres Zink erwiesen. Die Milchsäure war vorwiegend Linksmilchsäure mit etwas Äthylidenmilchsäure; andere Säuren waren nicht vorhanden. Durch die Jodoformreaktion konnte im Filtrate eine Spur von Alkohol nachgewiesen werden. Bei Anaërobiose war das gleiche Resultat. Die Molke nahm einen schwach aromatischen Geruch an, der jedoch nicht zu charakterisieren war.

Verhalten der peptonisierenden Bakterienart a.

Die Zubereitung der Molke war so wie im vorigen Falle. In der mit kohlensauerem Kalk versetzten Molke war scheinbar keine Lösung des kohlensaueren Kalks eingetreten. Bei Prüfung der Flüssigkeit nach 2 Monaten mit oxalsauerem Ammon zeigte sich, dafs Spuren von Kalk in Lösung gegangen waren. Alkohol war nicht nachweisbar. Die ganze Lösung wurde nun filtriert, eingeengt, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und einer Destillation unterworfen; das Destillat hatte an Essigsäure und Buttersäure erinnernden Geruch; dasselbe wurde mit Kalilauge neutralisiert, bis zur Trockne eingedampft, und dieser Rückstand mit Schwefelsäure und Alkohol behandelt; hierbei trat ein an Essigäther und Ananas erinnernder Geruch auf. Bei der geringen Menge der flüchtigen Säuren gelang jedoch eine Isolierung nicht. Der Rückstand von der ersten Destillation wurde am Wasserbade eingedampft und mit Äther längere Zeit extrahiert; die ätherische Lösung hatte ganz schwach sauere Eigenschaften. Milchsäure konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Organismen **a** und **b** zeigen in zuckerhaltigen Lösungen ein ganz verschiedenartiges Verhalten.

Verhalten der Bakterien a und b gegen Kasein.

Das Kasein wurde in der früher erwähnten Weise hergestellt und in einer Menge von 2% in Lösung gebracht. Um die nötigen Nährsalze zu gewinnen, wurde ein hartes salzreiches Brunnenwasser verwendet, dem noch 0,1% NaCl zugesetzt wurde.

Die alkalische Reaktion wurde durch Milchsäure bis zur eben noch schwach alkalischen abgestumpft.

Der Milchsäurebacillus **b** entwickelte sich sehr üppig und behielt seine Lebensfähigkeit sehr lange; nachdem er durch 4 Monate bei 31° C. gestanden hatte, genügte ein Tropfen, um sterile Milch in 24 Stunden zur Gerinnung zu bringen. Die Eiweifskörper werden sehr wenig, aber deutlich angegriffen. Nach 4 Monaten ergibt ein Vergleich mit der sterilen Kontrollflüssigkeit, dafs das Kasein abgenommen hat. In der von Kasein abfiltrierten Lösung ist von der 2. Woche ab deutlich, obwohl schwach Albumose nachweisbar, und die von Kasein befreite Lösung zeigte eine schwache, aber deutliche Färbung mit Millons Reagenz. Zur Prüfung auf aromatische Säuren wurde die Kaseinlösung mit Phosphorsäure und dann mit Äther ausgeschüttelt Nach Verdunsten des Äthers wurde der Rückstand in Wasser gelöst; dabei erhielt man mit Millons Reagenz eine schwache Rotfärbung. Dann wurde die mit Phosphorsäure angesäuerte Lösung der Destillation unterworfen, das Destillat mit Natronlauge alkalisiert und wieder destilliert, aber kein Skatol und Indol gefunden. Der Rückstand der Natronlauge wurde mit Schwefelsäure angesäuert, dann mit Soda alkalisch gemacht und destilliert. Phenol und Kresol waren nicht nachweisbar. Zur Prüfung auf Amidosäuren wurde die Kaseinlösung mit basischer Bleiacetatlösung versetzt und der Niederschlag abfiltriert. Im Filtrat wurde das Blei mit Schwefelwasserstoff gefällt, abfiltriert, die Lösung auf ein kleines Volumen eingeengt, wobei sich Tyrosin ausschied.

Zur Prüfung auf Pepton wurde die klare Flüssigkeit mit Phosphorwolframsäure versetzt, der Niederschlag gewaschen, in Kalilauge gelöst; er gab aber mit Kupfersulfat keine Biuretreaktion.

Verhalten des peptonisierenden Bakteriums a.

Infolge der üppigen Vegetation der Bakterien nimmt die Kaseinlösung bald eine gelbliche Farbe an. Nach 2 Wochen war Kasein nicht mehr nachzuweisen und Essigsäure gab keine Fällung. Dafür war aber Albumose mit Sicherheit nachweisbar

und von der 3. Woche ab auch Pepton und Ammoniak. Mit Millons Reagenz erhält man schwache Rotfärbung. In der früher angegebenen Weise wurde auf flüchtige und nichtflüchtige Säuren untersucht und mit Sicherheit Essigsäure, Buttersäure und Spuren von Valeriansäure nachgewiesen. Bei der Prüfung auf Amidosäuren ergab sich die Anwesenheit von Tyrosin und Leucin, die Tryptophanreaktion war negativ. Bei der Prüfung auf aromatische Oxysäuren ergab der Zusatz von Millons Reagenz eine Rotfärbung. Die Prüfung auf Indol und Skatol fiel negativ aus; Phenol und Kresol waren nicht vorhanden. Nach 3 Monaten war die Kaseinlösung dunkelbraun geworden und hatte einen Geruch nach Leim und Ammoniak angenommen. Die Bakterien waren nach dieser Zeit noch lebens- und wirkungsfähig.

Dafs die Wirkung der Bakterien auf der Bildung von proteolytischen Enzymen beruht, habe ich durch zwei Versuche sichergestellt. Von einer 6tägigen, in üppiger Vegetation befindlichen Kaseinlösung wurde ein Teil mit Thymol versetzt und dadurch die Vegetation der Bakterien unterbrochen. Auf Milch übertragen, tritt eine intensive Peptonisierung des Kaseins ein. Ein anderer Teil wurde durch Berkefeldtfilter filtriert, dadurch von Bakterien befreit und der Milch zugesetzt; auch in diesem Falle tritt Peptonisierung ein, nur ist dieselbe etwas schwächer als bei Anwesenheit von lebenden Bakterien.

Wie bei der Molke, so war auch beim Kasein ein deutlicher und durchgreifender Unterschied der beiden Bakterienarten festzustellen.

Verhalten der beiden Bakterien a und b in Parakasein.

Wie ich[1]) schon in meinen früheren Untersuchungen nachgewiesen habe, kann man das Laben und die Gewinnung des Parakaseins zur Käsedarstellung ganz gut unter sogen. »aseptischen« Kautelen vornehmen. Dafs man unter diesen Umständen

1) Untersuchungen über Milchsäuregärung und ihre praktische Verwertung. Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 329.

etwas mehr Lab gebraucht, wie sonst üblich ist, kommt nicht in Betracht. Die mäfsig erhitzte Milch labt vollständig. Wollte man in der Praxis in einer Molkerei ganz bestimmte Bakterienarten erst einführen und heimisch machen, wie man dies in der Brauerei- und Spiritus-Industrie bereits mit Erfolg gethan hat, so würde man vielleicht eine Zeitlang vorteilhaft von erhitzter Milch ausgehen. Die Mängel, die das Erhitzen für die Labwirkung hat, könnte man dadurch ausgleichen, dafs man die Säureorganismen in steriler Molke zur Entwicklung bringt Die auf diese Weise mit übertragene Säure würde dann nach den neueren Untersuchungen den ungünstigen Einflufs des Erhitzens auf das Laben beheben, und es bedürfte keiner anderen Zusätze, z. B. von Kalksalzen. Ist in einer Molkerei erst einmal der richtige Organismus heimisch gemacht, so kann man für den Grad des Erhitzens die rein technischen Gesichtspunkte in den Vordergrund stellen. Da das Erhitzen auf 70° C. aber ausreicht und zugleich die pathogenen Keime vernichtet, die allenfalls zu beachten sind, so können die Laboratoriumsversuche, über die ich verfüge, einen Hinweis geben, dafs die streng wissenschaftlichen Versuche sich mit den Forderungen der Praxis leicht in Einklang bringen lassen. Die Milch wurde in grofsen Kolben 3—4 mal bei 70° C. erhitzt, jedesmal 6 Stunden lang, dann 12 Stunden sich selbst überlassen, und nun nochmals 2—3 mal in derselben Weise erhitzt; auf diese Weise gelang es auch, grofse Portionen der Milch zu sterilisieren. Das Lab wurde wie in meiner früheren Arbeit durch Auflösen von Hansenschen Tabletten erhalten und durch Berkefeldtfilter filtriert. Zum Impfen der Milch dienten frische, 24 Stunden alte Kulturen, die in Mengen von 5 ccm für 1 l Milch verwendet wurden; die Milch wurde auf 36° C. erhitzt, dann mit den Reinkulturen gut durchgeschüttelt und bei dieser Temperatur gelabt. Auf diese Weise gelang eine gleichmäfsige Verteilung der Keime in dem ausgeschiedenen Parakasein. Die ganze Masse blieb noch einige Stunden bei Zimmertemperatur stehen, um eine kompaktere Masse zu gewinnen, wurde dann in sterilen Tüchern abgeprefst und daraus Käse geformt. Diese Käse wurden bei

Zimmertemperatur der Reifung überlassen und jede Reihe in je sechs Einzelversuchen durchgeführt.

1. Die Käse mit Michsäurebakterien **b**, allein, blieben weifs, waren nur wenig fein gelocht und zeigten keinen besonderen Geruch und Geschmack; das Aussehen war durch die ganze Masse gleichmäfsig. Im Gegensatz zu meinen früheren Versuchen, in denen die Reifung durch andere Milchsäurebakterien aus Hartkäsen allein viel weiter ging und mehrfach der charakteristische Geruch der Ausgangskäse auftrat, war in diesem Falle eine wirkliche Reifung durch diese Art der Organismen nicht vorhanden. Mit Rücksicht auf die Kontroverse zwischen v. Freudenreich und Weigmann habe ich demnach ermittelt, dafs die Arten der Milchsäurebakterien sicher von grofsem Einflusse sind. Dies wird man bei dem weiteren Verfolgen der ganzen Frage mehr beachten müssen, als dies z. B. von Adametz geschehen ist. Diese Thatsache beleuchtet auch die Objektivität, mit der Weigmann[1]) meine obige Arbeit bespricht.

2. Bei Impfung mit dem peptonisierenden Bakterium **a**, allein, war die Oberfläche des Käses stark peptonisiert, die Reifungszone war aber trotzdem nicht so weit nach Innen fortgeschritten, wie in der gleich zu erwähnenden dritten Versuchsreihe. Es schien hier etwas für die Vegetation dieser aëroben Art zu fehlen, Geruch und Geschmack erinnerten an Camembert, aber nicht so, dafs man von einer vollen Gleichartigkeit hätte sprechen können.

3. Gleichzeitige Impfung mit Milchsäurebakterien **b** und peptonisierenden, **a**. Die Bakterien sind sofort ziemlich gleichmäfsig durch die ganze Masse verteilt. Nach eingetretener Reifung scheinen die peptonisierenden Bakterien aus dem weifsen Kern verschwunden und nur die Milchsäurebakterien vorhanden zu sein. Umgekehrt sind bald an der Oberfläche nur die peptonisierenden Bakterien nachweisbar, und auch bei Impfen von steriler Milch von der Oberfläche und aus der Reifungs-

---

1) Chemiker-Zeitung, 1901, Nr. 96.

schicht tritt keine Säuregerinnung der Milch ein. Es hat sich demnach infolge der verschiedenen Bedingungen ein Kampf ums Dasein zwischen beiden Arten derart abgespielt, dafs zunächst durch die ganze Masse hindurch und später im Innern die Milchsäurebakterien als fakultativ anaërobe begünstigt waren und die andere Art verdrängten. Dann kam aber von der Oberfläche her die peptonisierende aërobe Art zur Geltung und drang schichtweise vor, wobei ihre alkalischen Stoffwechselprodukte vorauswirkend, den Produkten der Säurebakterien entgegenarbeiteten und so zugleich den Boden zu ihren Gunsten änderten, während die peptonisierenden Enzyme das Parakasein erweichten und seine weifse Farbe in eine gelbe veränderten.

Die Käse, welche mit beiden Arten zugleich geimpft waren, zeigten schon, als die Reifungsschicht erst 3—5 mm stark war, den charakteristischen Geruch und Geschmack eines erstklassigen Camembert-Käses.

Ich habe demnach unter den strengen Bedingungen eines exakten wissenschaftlichen Versuches nachgewiesen, dafs zur Herstellung eines Weichkäses das Zusammenwirken von zwei Bakterienarten unerläfslich ist, indem im Innern des Käses die Milchsäurebakterien eine vorbereitende Wirkung ausüben, während die für Weichkäse charakteristische Reifung von der Oberfläche nach dem Innern schichtweise fortschreitet.

Über den Einflufs des Windes auf die Atmungsgröfse des Menschen.

Von

Privatdozent Dr. **Heinrich Wolpert.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Über den Einflufs des Windes auf die Kohlensäure- und Wasserdampfabgabe des Menschen habe ich vor einigen Jahren berichtet.[1]) Damals konnte insbesondere nachgewiesen werden, dafs bei mittelhohen Lufttemperaturen (etwa 25—35°) die Wirkung des Windes im wesentlichen in einer geänderten (aufserordentlich verminderten) Wasserdampfabgabe der Haut besteht, weniger durch Anderungen der Kohlensäurebildung sich äufsert; dafs aber die letzteren in beträchtlichem Mafse bei niedrigeren Lufttemperaturen (etwa 10—20—25°) sich geltend machen, wobei unter dem Einflufs des Windes die Kohlensäurebildung sehr gesteigert ist, entschieden gesteigert auch die Wasserdampfabgabe; und dafs bei ganz hohen Temperaturen (35—40°) die Wasserdampfabgabe sehr gesteigert ist, etwas gesteigert wohl auch die Kohlensäurebildung.

Nach jenen Befunden darf als wahrscheinlich angesehen werden, dafs bei den unteren Temperaturen unter dem Einflufs des Windes auch die Atmungsgröfse wächst. Ob letztere aber bei höheren Lufttemperaturen vom Wind beeinflufst werde, und

1) Dieses Archiv, Bd. 33, Heft 3, S. 206. Auch Hygienische Rundschau, 1897, Nr. 13.

gegebenen Falles nach welcher Richtung, steht ganz dahin. Denn in warmer bezw. heiſser Luft brauchen die erwiesenen Andersgestaltungen des Kohlenstoff- und Wasserumsatzes unter dem Einfluſs des Windes durchaus nicht gleicherweise, wie in der Kälte, mit Änderungen der Atmungsgröſse verknüpft zu sein. Auch scheinen Fälle denkbar, in denen der Wind die Atmungsgröſse beeinflussen könnte, ohne jedoch die absolute Gröſse der Kohlensäurebildung und Wasserdampfabgabe zu ändern.

Unter diesen Umständen konnten experimentelle Erhebungen über den Einfluſs des Windes auf die Atmungsgröſse des Menschen nicht umgangen werden. Hierüber ist in folgendem berichtet. Da mehrfach auf die bereits festgestellten Kohlensäure- und Wasserdampfabgaben zurückgegriffen werden wird, mag zunächst in nachstehender Tabelle eine zusammenfassende Übersicht über die Hauptresultate der citierten früheren Veröffentlichung folgen.

Mittelwerte der Kohlensäure- und Wasserdampfabgabe bei 8 m Wind.

Temperatur	Wind gegen Windstille	
	± Kohlensäure	± Wasserdampf
10—15°	17 % mehr CO_2 Absolut 30,0 : 25,1 g/St.	7 % mehr H_2O Absolut 30 : 28 g/St.
15—20°	20 % mehr CO_2 Absolut 30,1 : 24,1 g/St.	14 % mehr H_2O Absolut 22 : 19 g/St.
20—25°	11 % mehr CO_2 Absolut 28,0 : 25,0 g/St.	4 % weniger H_2O Absolut 22 : 23 g/St.
25—30°	4 % weniger CO_2 Absolut 24,0 : 25,3 g/St.	47 % weniger H_2O Absolut 23 : 43 g/St.
30—35°	9 % weniger CO_2 Absolut 21,6 : 23,7 g/St.	39 % weniger H_2O Absolut 51 : 84 g/St.
35—40°	4 % mehr CO_2 Absolut 22,1 : 21,2 g/St.	28 % mehr H_2O Absolut 156 : 112 g/St.

Auch bei den neuerlichen Versuchen wurde die Windgeschwindigkeit von 8 m in der Sekunde eingehalten, die wie früher mittels eines (desselben) elektrischen Ventilators hervorgebracht wurde. Die Versuchsbedingungen wurden thunlichst gleich den früheren gewählt. Die neuerliche Versuchsperson, Behr., Aushilfsdiener am Institut, war ebenfalls normal gebaut, ziemlich kräftig, und hatte nackt ein Körpergewicht von 61 kg

(Bretschn. 57 kg). Alle Versuche wurden, ganz wie die früheren an Bretschn., im Sitzen vorgenommen. Die Versuchszeit belief sich in der Regel auf eine halbe Stunde, manchmal auf etwas mehr oder weniger; die Versuchsresultate wurden stets auf die volle Stunde umgerechnet. In den meisten Versuchen wurden auch genau inmitten der Versuchszeit Ablesungen notiert, und hieraus neben den Stundenwerten je zwei Halbstundenwerte berechnet.

Die Messung der ausgeatmeten Luftmengen, in einzelnen Fällen auch deren Analyse, erfolgte mittels des Zuntzschen Respirationsapparats.[1]) Die Versuchsperson atmete also durch Ventile ein und aus, und die ausgeatmete Luft ging durch eine Gasuhr, worin ihr Volum gemessen wurde. Falls durch den Widerstand der Ventile, auf deren möglichst leichtes, vor allem aber zuverlässiges Funktionieren geachtet wurde, die Atmungsmechanik der Versuchsperson eine Änderung erfuhr, so war dies für den Entscheid der vorliegenden Frage durch Parallelversuche belanglos.

Die Versuchsresultate sind in zeitlicher Folge in der am Schlufs folgenden Generaltabelle zusammengestellt; subjektive Empfindungen, insbesondere Frieren und Wärmegefühl betreffend, wurden, wo von der Versuchsperson geäufsert, in der Tabelle wiedergegeben. Die Versuche Nr. 1—94 beziehen sich auf den Einflufs des Windes auf die Atmungsgröfse des Bekleideten, dann auch des Nackten; begonnen wurde mit den höheren Temperaturen.[2]) Die Kleidung Behr.'s war eine ähnlich leichte, wie die Bretschn.'s; sie wog ca. 2800 g (die Bretschn.'s hatte gegen 2500 g gewogen).

Die in diesen Versuchen gemachten Erfahrungen führten dazu, nebenher in den Versuchen Nr. 95—112 eine Prüfung des

---

1) Der Zuntzsche Apparat ist ausführlich beschrieben und abgebildet u. a. in Pflügers Archiv, Bd. 55, Heft 1 u. 2.

2) Die Versuche Nr. 1—4, in welchen die Ventile nicht ganz einwandfrei funktionierten, sowie 5—7, in welchen sie vorzeitig ganz versagten (platzten), wurden für die Schlufsfolgerungen aufser Betracht gelassen. In Versuch 8—117 arbeiteten die Ventile, deren Membran einer neuen Bezugsquelle entstammte, tadellos.

etwaigen verschiedenen Einflusses trockener und feuchter Luft auf die Atemgröfse, wiederum im bekleideten und nackten Zustand, anzuschliefsen, und dann noch in einigen Versuchen (Nr. 113—117), die unter und aufser dem Einflufs des Windes ausgeatmete Luft auf Kohlensäure und Sauerstoff zu analysieren. Für die Versuche Nr. 76—112 finden sich in der Tabelle auch Angaben über die Anzahl der Atemzüge pro Minute, so dafs sich deren Tiefe berechnen läfst.

Die Atmungsfrequenz war durchschnittlich eine sehr hohe, sie betrug meistens etwa 20—25 Atemzüge in der Minute in den Normalversuchen. Dem gegenüber hatte Vierordt[1]) an sich selbst bekanntlich nur etwa 12 Atemzüge in der Minute gezählt, Zuntz[2]) nur 8—9 und Speck[3]) sogar nur 6—7 in der Minute. Hutchinson[4]) freilich fand unter ca. 2000 Zählungen an Personen, die nichts von der Zählung wufsten, die Mittelzahl von 16—24 Respirationen in der Minute; unter 16 sank die Frequenz der Atmung nur in sehr wenigen seiner Fälle, ebenso betrug sie selten über 24. Auch in meinen Versuchen wufste die Versuchsperson nichts von der Zählung ihrer Atemzüge.

Auch die Atmungsgröfsen sind in meinen Versuchen weit höher als bei Vierordt[5]); sie bewegten sich durchschnittlich in den Normalversuchen von etwa 600 l pro Stunde aufwärts, was für Vierordts eigene Person schon einen höchsten Grenzwert darstellt. Wie viel zu diesen aufserordentlich hohen Zahlen die

1) Karl Vierordt, Physiologie des Atmens. Karlsruhe 1845, S. 255.

2) Pflügers Archiv für Physiologie, Bd. 46, S. 189.

3) Speck, Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausatmung des Menschen. Cassel, 1871, S. 31.

4) Hutchinson, Artikel Thorax in Todds Cyclopaedia, IV, S. 1085. (Citiert nach Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. 4, Teil 2, Abteilung: Physiologie der tierischen Wärme, bearbeitet von Rosenthal. Leipzig. 1882, S. 198.)

5) Andere Versuchspersonen hatten, am gleichen (Zuntzschen) Respirationsapparat wie Behr., auch mir niedrigere Werte ergeben, so z. B. im Sommer 1899 Gandr. in einer noch nicht veröffentlichten Versuchsreihe, welche auf die Beeinflussung des Gaswechsels durch die Besonnung gerichtet war; er hatte normalerweise eine stündliche Atmungsgröfse von 290—300 l bei einer minutlichen Frequenz von 9—10 Atemzügen. Leider stand Versuchsperson Gandr. für vorliegende Versuchsreihe nicht mehr zur Verfügung.

Atemarbeit durch die Ventile, und (sicherlich mehr) auch die Eigenart der Versuchsperson beigetragen hat, mag dahingestellt bleiben; die Beweiskraft der Parallelversuche wird dadurch, wie erwähnt, nicht berührt.

Einen bequemeren Überblick über die hauptsächlichsten Versuchsresultate, als ihn die chronologisch geordnete Generaltabelle mit ihren Einzelnachweisen bieten kann, gibt die nachstehende Zusammenfassung zu Mittelwerten, welche nach fallenden Temperaturen geordnet sind.

I. Vergleich von Wind mit Windstille.

a) Versuche in Kleidung.

»Bekleidet mit Wind« verglichen mit: »Bekleidet ohne Wind«.

1. Nr. 12 und Nr. 13 Bekeidet ohne Wind,
   Nr. 11 und Nr. 14 Bekleidet mit Wind.
   Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 12 und 13 (39,1°) = 701,3 l,
   aus Nr. 11 und 14 (38,7°) = 738,2 l.
   Bei ca. **40°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
   100 Bekleidet ohne Wind,
   105 Bekleidet mit Wind.
   Mit Wind war dabei die Belästigung durch Schweifs kaum wesentlich geringer als ohne Wind.
2. Nr. 9 und Nr. 33 Bekleidet ohne Wind,
   Nr. 8, 10 und 34 Bekleidet mit Wind.
   Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 9 und 33 (35,5°) = 716,3 l,
   aus Nr. 8, 10 und 34 (35,9°) = 761,6 l.
   Bei ca. **35°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
   100 Bekleidet ohne Wind,
   106 Bekleidet mit Wind.
   Mit Wind ergab sich viel weniger Schweifs als ohne Wind.
3. Nr. 22 Bekleidet ohne Wind,
   Nr. 23 Bekleidet mit Wind.
   Atmungsgröfse aus Nr. 22 (Temperatur 30,3°) = 612,9 l,
   aus Nr. 23 (Temperatur 30,4°) = 674,4 l.
   Bei ca. **30°** sind daher die Atmungsgröfsen relativ:
   100 Bekleidet ohne Wind,
   110 Bekleidet mit Wind.
   Mit Wind trat kein Schweifs auf, auch ohne Wind keiner; jedoch wurde Wind angenehmer als Windstille empfunden.
4. Nr. 26 und Nr. 28 Bekleidet ohne Wind,
   Nr. 27 und Nr. 29 Bekleidet mit Wind.
   Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 26 und 28 (24,1°) = 691,5 l,
   aus Nr. 27 und 29 (24,1°) = 684,5 l.

Bei ca. **24°** sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

99 Bekleidet mit Wind.

Wind und Windstille wurden dabei ohne wesentlichen Unterschied ertragen. Mit Wind war es vielleicht ein wenig kühler, jedoch kam es nie zu Gänsehaut, und »Ohne Wind« wurde wohl ein wenig angenehmer empfunden.

5. Nr. 24 und 30 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 25 und 31 Bekleidet mit Wind.
Mittlere Atmungsgröſse aus Nr. 24 und 30 (22,3°) = 649,4 l,
aus Nr. 25 und 31 (22,2°) = 736,2 l.

Bei ca. **22°** sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

113 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind war es angenehm warm; mit Wind dagegen kalt, es trat Gänsehaut auf.

6. Nr. 18, 54, 56, 68, 70, 103, 104 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 19, 57, 58, 71, 73, 104, 113 Bekleidet mit Wind.
Mittlere Atmungsgröſsen aus 18, 54, 56, 68, 70, 103, 104 (20,0°) = 691,5 l,
aus 19, 57, 58, 71, 73, 104, 113 (20,0°) = 764,1 l.

Bei **20°** sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

111 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind war es angenehm warm, mit Wind trat dagegen häufig Gänsehaut auf.

7. Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 Bekleidet mit Wind.
Mittlere Atmungsgröſsen:
Aus 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 (15,5°) = 732,5 l,
aus 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 (15,7°) = 959,2 l.

Bei ca. **15°** sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

131 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind machte sich keine Kälteempfindung bemerkbar; mit Wind zuweilen stark gefroren (Gänsehaut, Zittern, Schütteln).

b) Versuche ohne Kleidung.

»Nackt mit Wind« verglichen mit: »Nackt ohne Wind«.

8. Nr. 37 und Nr. 39 Nackt ohne Wind,
Nr. 38 und Nr. 40 Nackt mit Wind.
Mittlere Atmungsgröſse aus Nr. 37 und 39 (39,8°) = 687,0 l,
aus Nr. 38 und 40 (40,0°) = 835,8 l.

Bei ca. **40°** sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:

100 Nackt ohne Wind,

122 Nackt mit Wind.

Wind war angenehmer als Windstille. Ohne Wind zeigte sich sehr viel mehr Schweiſs als mit Wind.

9. Nr. 31a und Nr. 35 Nackt ohne Wind,
Nr. 32 und Nr. 36 Nackt mit Wind.
Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 31a und 35 (35,2°) = 661,5 l,
aus Nr. 32 und 36 (36,0°) = 734,4 l.
Bei ca. **35°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Nackt ohne Wind,
111 Nackt mit Wind.
Wind war angenehmer als Windstille. Ohne Wind zeigte sich etwas Schweifs, mit Wind kein Schweifs.

10. Nr. 41 und Nr. 43 Nackt ohne Wind,
Nr. 42 und Nr. 44 Nackt mit Wind.
Mittlere Atmungsgröfsen aus Nr. 41 und 43 (30,0°) = 704,0 l,
aus Nr. 42 und 44 (30,7°) = 731,4 l.
Bei ca. **30°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Nackt ohne Wind,
104 Nackt mit Wind.
Ohne Wind war es wohl etwas warm, aber es trat kein Schweifs auf. Jedenfalls waren in diesen Versuchen Wind und Windstille ohne wesentlichen Unterschied für die Empfindung.

11. Nr. 67 und Nr. 69 Nackt ohne Wind,
Nr. 72 und Nr. 74 Nackt mit Wind.
Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 67 und 69 (19,8°) = 595,2 l,
aus Nr. 72 und 74 (19,9°) = 894,0 l.
Bei ca. **20°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Nackt ohne Wind,
150 Nackt mit Wind.
Windstille war hier weit angenehmer als Wind. Mit Wind war es sehr kalt, Zittern und Schütteln machte sich bemerkbar, die Haut verfärbte sich stellenweise cyanotisch u. s. w.; ohne Wind war es nicht zu kalt.

II. Vergleich von Nackt mit Bekleidet.

a) Versuche ohne Wind.

»Nackt ohne Wind« verglichen mit: »Bekleidet ohne Wind«.

12. Nr. 46 und Nr. 48 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 45 und Nr. 47 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 46 und 48 (34,5°) = 692,3 l,
aus Nr. 45 und 47 (34,5°) = 692,6 l.
Bei ca. **35°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind,
100 Nackt ohne Wind.
Bekleidet wie nackt machte sich sehr wenig Schweifs bemerkbar.

13. Nr. 50 und Nr. 52 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 49 und Nr. 51 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 50 und 52 (25,5°) = 681,8 l,
aus Nr. 49 und 51 (25,5°) = 677,3 l.

Bei ca. 25° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind,
99 Nackt ohne Wind.
Bekleidet wie nackt machte sich keine Kälteempfindung bemerkbar.

14. Nr. 54, 56, 68, 70 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 53, 55, 67, 69 Nackt ohne Wind.
Atmungsgröſse aus Nr. 54, 56, 68, 70 (20,1°) = 626,7 l,
aus Nr. 53, 55, 67, 69 (20,0°) = 614,9 l
Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind,
98 Nackt ohne Wind.
Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt etwas kühl, doch nicht eigentlich gefroren (keine Gänsehaut).

15. Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 83, 85, 108, 111 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröſsen:
aus Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 (15,5°) = 732,5 l,
aus Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 83, 85, 108, 111 (15,5°) = 796,3 l.
Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind,
109 Nackt ohne Wind.
Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt etwas gefroren (zuweilen Gänsehaut).

16. Nr. 89, 91, 93 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 90 und 94 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröſsen aus Nr. 89, 91, 93 (12,4°) = 910,1 l,
aus Nr. 90 und 94 (12,2°) = 1146,5 l.
Bei ca. 12° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ.
100 Bekleidet ohne Wind,
126 Nackt ohne Wind.
Bekleidet keine oder nur sehr geringe Kälteempfindung. Nackt stark gefroren (Zittern, Schütteln).

b) Versuche mit Wind.

»Nackt mit Wind« verglichen mit: »Bekleidet mit Wind«.

17. Nr. 34 Bekleidet mit Wind,
Nr. 32 und 36 Nackt mit Wind
Atmungsgröſse aus Nr. 34 (35,6°) = 725,4 l,
aus Nr. 32 und 36 (36,0°) = 734,4 l.
Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind,
101 Nackt mit Wind.
Nackt machte sich kein Schweiſs bemerkbar, und auch bekleidet nicht. Er war für die Empfindung unterschiedslos nicht zu warm.

18. Nr. 71 und 73 Bekleidet mit Wind,
Nr. 72 Nackt mit Wind.
Atmungsgröfse aus Nr. 71 und 73 (19,8°) = 674,9 l,
aus Nr. 72 (20,4°) = 759,0 l.
Bei ca. **20°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind,
112 Nackt mit Wind.
Nackt war es sehr kalt (Zittern und Schütteln stellte sich ein), bekleidet etwas kalt (zuweilen zeigte sich Gänsehaut).

c) »Nackt ohne Wind« verglichen mit: »Bekleidet mit Wind«.

19. Nr. 34 Bekleidet mit Wind,
Nr. 35 Nackt ohne Wind.
Atmungsgröfse aus Nr. 34 (Temp. 35,6°) = 725,4 l,
aus Nr. 35 (Temp. 36,3°) = 639,0 l.
Bei ca. **35°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind,
88 Nackt ohne Wind.
Nackt ohne Wind wurde mehr geschwitzt, als bekleidet mit Wind.

20. Nr. 57, 58, 71, 73 Bekleidet mit Wind,
Nr. 53, 55, 67, 69 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröfsen aus Nr. 57, 58, 71, 73 (20,0°) = 687,2 l,
aus Nr. 53, 55, 67, 69 (20,0°) = 619,9 l.
Bei ca. **20°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind,
92 Nackt ohne Wind.
Nackt ohne Wind war es weniger empfindsam kalt, als bekleidet mit Wind.

21. Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 Bekleidet mit Wind,
Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 87, 90, 108, 111 Nackt ohne Wind.
Mittlere Atmungsgröfsen:
aus Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 (15,7°) = 959,2 l,
aus Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 87, 90, 108, 111 (15,0°) = 866,3 l.
Bei ca. **15°** sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind,
90 Nackt ohne Wind.
Nackt ohne Wind etwas gefroren (zuweilen Gänsehaut); bekleidet mit Wind zuweilen stark gefroren (Zittern und Schütteln).

d) »Nackt mit Wind« verglichen mit: »Bekleidet ohne Wind«.

22. Nr. 115 und 116 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 117 Nackt mit Wind.
Atmungsgröfse aus Nr. 115 und 116 (15,2°) = 827,1 l,
aus Nr. 117 (16,2°) = 1009,5 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind,
122 Nackt mit Wind.
Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt stark gefroren (Zittern und Schütteln stellte sich ein).

III. Vergleich von Feuchter Luft mit Trockener Luft.

a) Versuche ohne Wind.

23. Nr. 103 Bekleidet ohne Wind in trockener Luft, 20,6° und 24%,
Nr. 105 Bekleidet ohne Wind in feuchter Luft, 19,2° und 68%.
Atmungsgröſse aus Nr. 103 (24% r. F.) = 764,4 l,
aus Nr. 105 (68% r. F.) = 904,8 l.
Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet ohne Wind in trockener Luft,
118 Bekleidet ohne Wind in feuchter Luft.
Zwischen trockener und feuchter Luft keinen Unterschied im Wärmegefühl wahrgenommen. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (28 gegen 23—25).

24. Nr. 108 Nackt ohne Wind in trockener Luft, 15,9° und 34%,
Nr. 111 Nackt ohne Wind in feuchter Luft, 16,3° und 79%.
Atmungsgröſse aus Nr. 108 (34% r. F.) = 859,5 l,
aus Nr. 111 (79% r. F.) = 987,0 l.
Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Nackt ohne Wind in trockener Luft,
115 Nackt ohne Wind in feuchter Luft.
Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (16—20 gegen 22—26).

b) Versuche mit Wind.

25. Nr. 104 Bekleidet mit Wind in trockener Luft, 20,1° und 26%,
Nr. 106 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft, 20,5° und 70%.
Atmungsgröſse aus Nr. 104 (26% r. F.) = 854,4 l,
aus Nr. 106 (70% r. F.) = 897,6 l.
Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgröſsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind in trockener Luft,
105 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft.
Trockene Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (29 gegen 25—27).

26. Nr. 109 Bekleidet mit Wind in trockener Luft, 15,6° und 34%,
Nr. 112 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft, 16,4° und 82%.
Atmungsgröſse aus Nr. 109 (34% r. F.) = 861,9 l,
aus Nr. 112 (82% r. F.) = 1038,6 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Bekleidet mit Wind in trockener Luft,
120 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft.
Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (24—25 gegen 22).

27. Nr. 95 und 96 Nackt mit Wind in trockener Luft, 25,2° und 32%,
Nr. 97 und 98 Nackt mit Wind in feuchter Luft, 24,7° und 76%.
Atmungsgröfse aus Nr. 95 und 96 (32%) = 975,9 l,
aus Nr. 97 und 98 (76%) = 1049,9 l.
Bei ca. 25° waren demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Nackt mit Wind in trockener Luft,
108 Nackt mit Wind in feuchter Luft.
Feuchte Luft vielleicht als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (19—25 gegen 21—28).

28. Nr. 99 und 100 Nackt mit Wind in trockener Luft, 20,3° und 34%,
Nr. 101 und 102 Nackt mit Wind in feuchter Luft, 20,6° und 84%.
Atmungsgröfse aus Nr. 99 und 100 (34%) = 1011,2 l,
aus Nr. 101 und 102 (84%) = 1077,6 l.
Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgröfsen relativ:
100 Nackt mit Wind in trockener Luft,
107 Nackt mit Wind in feuchter Luft.
Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (13—19 gegen 22—26).

In Kürze zusammengefafst, geht aus der vorstehenden Zusammenstellung im wesentlichen das Folgende hervor:

Erstens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Bekleidet mit Wind«:

1. Bei 40° **105.** Mit Wind kaum weniger Schweifs als ohne Wind.
2. » 35° **106.** Mit Wind viel weniger Schweifs als ohne Wind.
3. » 30° **110.** Mit, auch ohne Wind kein Schweifs. Angenehmer mit Wind.
4. » 24° **99.** Unterschiedslos nicht zu kalt.
5. » 22° **113.** Ohne Wind angenehmer. Mit Wind kalt (Gänsehaut).
6. » 20° **111.** Ohne Wind angenehmer. Mit Wind kalt (Gänsehaut).
7. » 15° **131.** Mit Wind zuweilen sehr kalt (Zittern und Schütteln); ohne Wind nicht zu kalt.

Zweitens. Bezogen auf »Nackt ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Nackt mit Wind«:

8. Bei 40° **122.** Mit Wind sehr viel weniger Schweifs als ohne Wind.
9. » 35° **111.** Mit Wind kein Schweifs, ohne Wind etwas Schweifs.
10. » 30° **104.** Unterschiedslos nicht zu warm.
11. » 20° **150.** Mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); ohne Wind nicht zu kalt, höchstens etwas kühl

Drittens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Nackt ohne Wind«:

12. Bei 35° **100.** Nackt, auch bekleidet nur wenig Schweifs.
13. » 25° **99.** Unterschiedslos nicht zu kalt.
14. » 20° **98.** Nackt etwas kühl, doch keine Gänsehaut.
15. » 15° **109.** Nackt kalt, zuweilen Gänsehaut.
16. » 12° **126.** Nackt sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet nicht zu kalt.

Viertens. Bezogen auf »Bekleidet mit Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Nackt mit Wind«:

17. Bei 35° **101.** Unterschiedslos nicht zu warm.
18. » 20° **112.** Nackt sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet etwas kalt (zuweilen Gänsehaut).

Fünftens. Bezogen auf »Bekleidet mit Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Nackt ohne Wind«:

19. Bei 35° **88.** Nackt ohne Wind mehr Schweifs als Bekleidet mit.
20. » 20° **92.** Nackt ohne Wind weniger kalt als Bekleidet mit.
21. » 15° **90.** Bekleidet mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); nackt ohne Wind weniger kalt (höchstens Gänsehaut).

Sechstens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröfse für »Nackt mit Wind«:

22. Bei 15° **122.** Nackt mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet ohne Wind nicht zu kalt.

Aus dieser Übersicht ergibt sich als Hauptresultat, dafs die Atmungsgröfse durch den Wind unter Umständen (für gewöhnlich) gar nicht, in gewissen Fällen aber wesentlich beeinflufst, dann aber niemals herabgesetzt, sondern stets gesteigert wird. Diese Feststellung war nicht sicher vorauszusehen; bekanntlich hat man ja in sehr starkem, entgegenblasenden Wind die Empfindung, als ob einem »der Atem ausginge.«

Betrachtet man zunächst die Wirkung des Windes auf den Nackten (s. oben unter 8.—11.), so werden dabei etwaige gesetzmäfsige Abweichungen vom Normalzustand (Windstille) ungetrübter, als am Bekleideten erkennbar sein. Es zeigt sich:

Erstens: Der Wind hat keinen Einflufs, auf die Atmungsgröfse, wo er die Wärme- und Kälte-Empfindung nicht beeinflufst. So waren bei 30° (nackt) die Atmungsgröfsen in Wind und Windstille kaum verschieden und einige Grade tiefer vermutlich ganz die gleichen.

Zweitens: Der Wind steigert die Atmungsgröfse, falls er die Wärme- und Kälte-Empfindung beeinflufst; die Atmungsgröfse ist besonders bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen durch den Wind gesteigert. Bei 35° z. B. wurde bewegte Luft (nackt) angenehmer als Windstille empfunden; in ruhender Luft trat Schweifs auf, im Wind nicht; die Atmungsgröfsen in Windstille und Wind verhielten sich wie 100 : 111. Ebenfalls erwies sich bei 40° (nackt) der Wind weit angenehmer als Windstille, wobei die Belästigung durch massenhaften Schweifs sehr viel gröfser als im Wind war; die Atmungsgröfsen verhielten sich wie 100 : 122.[1]) Hingegen war selbstverständlich bei 20° (nackt) Windstille angenehmer als Wind; im Wind war es sehr kalt, unwillkürliche Muskelkontraktionen und Zuckungen äufserten sich als Zittern und Schütteln, bei Windstille aber war es nicht wesentlich zu kalt, höchstens etwas kühl; die Atmungsgröfsen in Windstille und Wind verhielten sich wie100 : 150.[2])

Prinzipiell auf das nämliche Ergebnis führt eine Betrachtung der Versuche am Bekleideten (s. oben unter 1.—7.). Bei 25° war kein Unterschied in der Wärme-Empfindung wahrzunehmen, einerlei, ob die Luft bewegt oder unbewegt war; auch kein Unterschied in den Atmungsgröfsen stellte sich heraus. Bei 30—40° wurde bewegte Luft leichter als unbewegte ertragen; die Atmungsgröfsen in Windstille und Wind verhielten sich maximal bei 30° wie 100 : 110[3]) — fast in genau gleicher Weise

1) 100 : 122, oder absolut 687,0 : 835,8. Der Wärmeverlust durch Wasserverdampfung aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (40°, Windstille, Nackt) = 11,6 Kal. aus 19,3 g H_2O; im letzteren Falle (40°, Wind, Nackt) = 14,1 Kal. aus 23,5 g H_2O pro Stunde. (Pro cbm eingeatmet 16,6, ausgeatmet 44,7 g H_2O; 28,1 × 0,8358 = 23,5 g H_2O/St.; 0,6 × 23,5 = 14,1 Kal./St.)

2) 100 : 150, oder absolut 595,2 : 894,0. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (20°, Windstille, Nackt) = 16,1 Kal./St., wovon 13,1 Kal. auf 21,8 g Wasserverdampfung und 3,0 Kal./St. auf Erwärmung der Atmungsluft trafen; im letzteren Falle (20°, Wind, Nackt) = 24,3 Kal./St., wovon 19,7 Kal. auf 32,8 g Wasserverdampfung und 4,6 Kal./St. auf Erwärmung der Atmungsluft trafen. (1 cbm Luft von 20° auf 37° = 17 × 0,3 = 5,1 Kal.; 0,894 × 5,1 = 4,6 Kal./St.)

3) 100 : 110, oder absolut 612,9 : 674,4. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (30°, Windstille, Bekleidet) gesamt 15,1 Kal./St. = 1,4 Kal. aus 0,6129 cbm Lufterwärmung von 30° auf 37,5°, + 13,7 Kal. aus

auch beim Sinken der Temperatur auf 20°, was bereits leichtere Kältesymptome (Gänsehaut) nach sich zog, jedoch nur bei Aufenthalt im Wind. Bei 15° war es im Wind bitter kalt, die Versuchsperson zitterte, während es bei der gleichen Temperatur in unbewegter Luft nicht zu kalt war; die Atmungsgröfsen in Windstille und Wind verhielten sich wie 100 : 131.[1])

Ebenso wird ganz allgemein, sobald es infolge irgend welcher physikalischer Zustände zu Muskelkontraktionen in ausgedehnterem Mafse kommt, eine Steigerung der Atmungsgröfse zu erwarten sein.

Die Atmungsgröfsen des Bekleideten und des Nackten in ruhender Luft (s. oben unter 12.—16.), verhielten sich bei 15° wie 100 : 109; dem Bekleideten war es bei 15°, wie soeben erwähnt, nicht zu kalt, aber beim Nackten stellten sich nicht selten jene »Gänsehaut« benannten spastischen Kontraktionen der Musculi arrectores pili im Gebiet gröfserer Hautbezirke ein. Und als bei 12° den Bekleideten immer noch keine Gänsehaut überlief, beim Nackten sich jedoch ein starkes Frieren durch Kontraktionen der grofsen Arm- und Bein-, auch der Kaumuskeln äufserte, stieg das gleiche Verhältnis auf 100 : 126. Aber die Atmungsgröfsen im bekleideten und nackten Zustand waren ganz die gleichen (annähernd 100 : 100) bei 20° und höher, soweit nach Lage der Versuchsbedingungen keine Überwärmung drohte.

Dafs von einem Ablegen der Kleidung in ruhender (Zimmer-) Luft wesentlich weniger Effekt zu erwarten ist, als von einem Aufsuchen bewegter Luft (8 m/Sek.) in Kleidung, wird durch

22,8 g Wasserverdampfung; im letzteren Falle (30°, Wind, Bekleidet) gesamt 16,6 Kal./St. = 1,5 Kal. aus 0,6744 cbm Lufterwärmung + 15,1 Kal. aus 25,1 g Wasserverdampfung.

1) 100 : 131, oder absolut 732,5 : 959,2. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (15°, Windstille, Bekleidet) gesamt 20,0 Kal./St. = 4,6 Kal. aus 0,7325 cbm Lufterwärmung von 15° auf 36°, + 15,4 Kal. aus 25,6 g Wasserverdampfung; im letzteren Falle (15°, Wind, Bekleidet) gesamt 26,2 Kal./St. = 6,0 Kal. aus 0,9592 cbm Lufterwärmung + 20,2 Kal. aus 33,6 g Wasserverdampfung (Pro cbm g H_2O maximal: 41,4 bei 36° und 12,8 bei 15°; da Einatemluft rund 50% r. F., so abgegeben 41,4 — (12,8 : 2) = 35,0 g H_2O/cbm; 0,7325 × 35,0 = 25,6 g H_2O/St.; 0,6 × 25,6 = 15,4 Kal./St.)

mehrere Versuchsmittel dargethan (s. oben unter 19.—21.). Das Atmungsbedürfnis des Nackten war unter solchen Umständen um rund 10% gegen den Luftbedarf des Bekleideten vermindert.

Die Atmungsgröſsen des »Nackten ohne Wind« und des »Bekleideten mit Wind« verhielten sich:

Bei 35°, wie 88 : 100, der Nackte schwitzte mehr;
» 20°, » 92 : 100, » » fror weniger;
» 15°, » 90 : 100, » » fror viel weniger.

Der Aufenthalt in bewegter Luft veranlaſste begreiflicherweise den Nackten zu einer, in höherem Maſse gesteigerten Atmung, als den Bekleideten (s. oben unter 17.—18.). Die Atmungsgröſsen des »Bekleideten mit Wind« und »Nackten mit Wind« verhielten sich bei 20° wie 100 : 112; der Nackte zitterte und schüttelte sich vor Frost, während der Bekleidete nur von Gänsehaut befallen wurde.

Bei 15° vollends fror der Nackte im Wind natürlich noch erheblich stärker als bei 20°. Da hiermit das Verhalten des Bekleideten in nicht bewegter Luft verglichen wurde (s. oben unter 22.), erwies sich die Atemgröſse des Nackten im Verhältnis von 100 : 122 gesteigert, oder absolut von 827,1 auf 1009,5. Hierbei ergab sich das Folgende aus der Analyse der Ausatmungsluft (s. Generaltabelle unter Nr. 115—117):

Der Nackte lieferte im Wind 57,3 g CO_2 stündlich, seine Sauerstoffaufnahme betrug 51,9 g stündlich, der respiratorische Quotient war 0,81. Der Bekleidete lieferte bei Windstille nur 31,6 g CO_2 stündlich, nahm nur 26,6 g Sauerstoff auf, und der respiratorische Quotient stellte sich auf 0,86. Durch das Ablegen der Kleidung und Einschalten des Windes wurde also relativ die Kohlensäurebildung von 100 auf 181, die Sauerstoffaufnahme von 100 auf 195 gesteigert und der respiratorische Quotient bewegte sich von 0,86 auf 0,81.

Zum Vergleich hiermit sind in der folgenden kleinen Tabelle die entsprechenden Beobachtungsresultate von Versuchen, die Zuntz mit Hilfe A. Loewys[1]) an sich selbst in protrahierten

1) A. Loewy in Pflügers Archiv, Bd. 46, S. 189—244

kalten Bädern angestellt hat, wiedergegeben. Die Zahlen wurden auf die gleichen Einheiten wie oben umgerechnet; im Original sind die Einzelresultate, aus welchen hier (unter I, II, III) Mittelwerte gebildet sind, in ccm pro Minute sowohl für die Atmungsgröſse wie für die Kohlensäurebildung und die Sauerstoffaufnahme angegeben.

Nr.	Art des Versuchs	Empfindung	Atmungs-Gröſse, Liter/St.	Atmungs-Frequenz pro Min.	Gramm/St.		Resp. Quot.
					CO_2	O_2	
I	Warmes Bad	Behaglich warm (anfangs heiſs)	307	8—9	21,7	21,1	0,76
II	Kaltes Bad	Etwas kühl, aber kein Zittern	267	8—9	19,2	21,4	0,66
III	Kaltes Bad protrahiert	Sehr kalt; Zittern der Arme, Oberschenkel, Kaumuskeln u.s.w	740	7—9	35,8	37,3	0,70

In I handelte es sich um Versuche während eines einstündigen Aufenthaltes in Wasser von 36°; in II um Versuche nach viertelstündigem, unmittelbar an das warme Bad angeschlossenen Aufenthalt in Wasser von 25°; in III um Versuche nach einem, 1—1¼ Stunden weiter fortgesetzten Aufenthalt in dem Wasser von 25°. Beim Einsteigen in das warme Bad wurde Wärme empfunden, beim Darinsitzen Hitze, die jedoch sofort einem behaglichen Wärmegefühl wich. Im kalten Bad war ein unangenehmes Kältegefühl die erste Empfindung, die schnell vorüberging und schon nach 6 Minuten einem Gefühl behaglicher Kühle Platz gemacht hatte. Erst 20 Minuten nach dem Einsteigen machte sich eine leichte Steifigkeit in den Kiefern u. s. w. bemerkbar, auch Zitterneigung stellte sich allmählich ein, doch erst nach 1 Stunde etwa war das Zittern nicht mehr unterdrückbar.

Durch die Fortsetzung des kalten Bades bis zum Auftreten unwillkürlicher Muskelkontraktionen wurden also gesteigert:

Atmungsgröſse . .	von	267	auf	740	(= 100 : 277)
Kohlensäurebildung	»	19,2	»	35,8	(= 100 : 186)
Sauerstoffverbrauch	»	21,4	»	37,3	(= 100 : 174).

Demnach waren Kohlensäurebildung und Sauerstoffverbrauch durch Entkleiden + Wind fast genau ebenso, wie durch das protrahierte kalte Bad beeinflufst worden.

Es mag nebenher von Interesse sein, die normale Kohlensäurebildung meiner Versuchsperson in den vorerwähnten Versuchen (Nr. 116 u. 117) mit einigen anderen Normalbefunden zusammenzustellen.

An Kohlensäure produzierten pro Stunde:

37,3 g CO_2 (= ca. 18,6 l) Speck in neueren Versuchen[1])
31,6 » CO_2 (= » 15,8 l) Versuchsperson Behr. bei 15°[2])
24,1 » CO_2 (= » 12,0 l) Versuchsperson Bretschn. bei 15—20°[3])
21,7 » CO_2 (= » 10,8 l) Professor Zuntz bei 16°[4]).

Hierbei hängt der etwas hohe CO_2-Wert meiner neuerlichen Versuchsperson (Behr.) offenbar mit deren aufsergewöhnlich starkem Lungenluftwechsel zusammen. Dafs verminderter Luftwechsel im allgemeinen eine Abnahme der absoluten Kohlensäureausscheidung bedingt, ist ja durch die Versuche von Vierordt, Becher u. a. seit lange bekannt.

Was nun die Einwirkung des Windes auf die Kohlensäurebildung des Bekleideten betrifft, die naturgemäfs geringer ausfallen mufs, so kann diese Frage nach meinen früheren Versuchen als erledigt gelten. Darnach steht beispielsweise bei 15—20° (siehe Tabelle auf Seiten 22) eine Mehrbildung von etwa 20% CO_2 auf Rechnung der bewegten Luft in Aussicht. Aber ich habe doch die Gelegenheit benutzt, um nach der Zuntzschen Methode, zumal hiernach auch der Sauerstoffverbrauch mit Sicherheit zu ermitteln war, eine Wiederholung anzuschliefsen.

---

1) Carl Speck, Arch. f. wiss. Heilk. III, S. 318 (342). Citiert nach Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. 4, Teil II, bearbeitet von Zuntz (S. 114). Es handelt sich um normale Versuche.

2) Behr. Körpergewicht 61 kg. Die Versuche fanden mehrere Stunden nach dem Frühstück statt. Die Versuchsperson sitzt auf Stuhl.

3) Bretschn. Körpergewicht 57 kg. Die Versuche fanden ebenfalls einige Stunden nach dem Frühstück statt. Die Versuchsperson sitzt auf Stuhl.

4) Körpergewicht 66 kg Versuche im Liegen auf Ledersopha. 21,7 g CO_2 ist hier das Mittel aus sieben Vormittagsversuchen (war auch oben das Mittel aus mehreren Badeversuchen). Berechnet nach Angaben Loewys a. a. O.

Versuch 113 (Bekleidet mit Wind) hatte für 18° eine Atmungsgröfse von 1070,1 ergeben, Versuch 114 (Bekleidet ohne Wind) eine solche von 943,8, die Atmungsgröfse war durch den Wind also im Verhältnis von 100 : 113 erhöht worden. Die CO_2-Bildung betrug ohne Wind 36,9 g/St., mit Wind 44,0 g/St.; die Sauerstoffaufnahme ohne Wind 31,0 g/St., mit Wind 37,4 g/St. Durch den Wind erhöhten sich also die Kohlensäurebildung im Verhältnis von 100 : 119,2 und der Sauerstoffverbrauch fast ebenso, nämlich wie 100 : 120,6; infolge dieses Parallelgehens veränderte sich der respiratorische Quotient unter dem Einflufs des Windes so gut wie gar nicht: er betrug 0,87 ohne Wind und 0,86 mit Wind.

Der neuerliche Nachweis einer, unter dem Einflufs des Windes von 8 m Geschwindigkeit, um rund 20% gesteigerten Kohlensäurebildung deckt sich somit vollkommen mit meiner früheren, auf Respirationsversuche an Pettenkofers Apparat gestützten Angabe.

Aus allem dem ist ersichtlich, dafs es sich in den Fällen, wo eine unter dem Einflufs des Windes gesteigerte Atmungsgröfse auf ein gesteigertes Kältegefühl, welches mit, wenn auch geringgradigen Muskelkontraktionen (Cutis anserina) verbunden ist, zurückgeführt werden mufs, keineswegs um eine blofse Steigerung der Lungenventilation, sondern gleichzeitig um eine lebhafte Anfachung der Stoffzersetzung handelt.

Wir haben aber oben gesehen, dafs auch bei hoher Lufttemperatur unter dem Einflufs des Windes die Atmungsgröfse steigt. Und es fragt sich, wie die Erhöhung der Atmungsgröfse hier zu erklären sei.

Es kann zunächst keinem Zweifel unterliegen, dafs bei den hier in Betracht kommenden höheren Temperaturen unter dem Einflufs des Windes keine wesentlich vermehrte Kohlensäurebildung erfolgt. Ein vermehrter Sauerstoffbedarf besteht also kaum. Bei 25—30°, und auch bei 30—35°, hatte die Versuchsperson Bretschn. sogar entschieden weniger Kohlensäure im Wind gebildet (siehe Tabelle S. 22) und erst gegen 40° war eine geringfügige Erhöhung der Kohlensäurebildung eingetreten. Aber

schon bei 30° Bekleidet, und entsprechend bei 35° Nackt, zeigte sich in den vorliegenden Versuchen die Atmungsgröfse bei Aufenthalt in bewegter Luft wesentlich gesteigert (100 : 110, bezw. 100 : 111).

Sicherlich wird daher durch die Steigerung der Atmungsgröfse im Wind bei höheren Temperaturen nichts weiter als eine, physiologisch nicht weiter bedeutsame Erhöhung der Lungenventilation bewirkt; ihr Zustandekommen dürfte als ein reflektorischer Vorgang, welcher durch die Abkühlung der Haut veranlafst wird, zu deuten sein. Man kann diesen gesteigerten Luftwechsel immerhin auch vom wärmephysiologischen Standpunkt als eine Art Hilfsaktion des Körpers, untergeordneter Art freilich, auffassen, welche principiell, insbesondere durch gesteigerte Verdampfung aus Atmung, einer Entwärmung Vorschub leistet, wo Überwärmung in Aussicht steht. Vom hygienischen Standpunkt ist zudem jedes Mittel, wodurch, zumal bei höherer Temperatur, eine Erhöhung der Lungenventilation herbeigeführt wird, aus dem Grunde als eine zweckdienliche Einrichtung anzusehen, weil sich in der besser gelüfteten Lunge weniger leicht Infektionskeime, insbesondere auch der Tuberkelbacillus, festsetzen werden. Ferner kommt vielleicht therapeutisch in Betracht, dafs eine vermehrte Lungenventilation bei chronischen Herzkrankheiten eine günstige Wirkung verspricht. Winternitz sah in Kohlensäurebädern die Atmungsgröfse um ungefähr 20% (300 : 360) ansteigen, wobei ebenfalls keine erhebliche Oxydationssteigerung eintrat[1]), meint jedoch gleichwohl in dieser Hinsicht: Die Vermehrung der Atemgröfse im Kohlensäurebad, die im wesentlichen durch Zunahme der Atemtiefe erfolgt, kann nicht ohne Einflufs sein auf die Cirkulationsverhältnisse der intrathorakalen Gefäfse, vor allem der Venen, und zwar insbesondere auf den inspiratorischen Zuflufs des venösen Blutes zum Herzen und die Gröfse der Diastole.

1) Hugo Winternitz, Über die Wirkung verschiedener Bäder (Sandbäder, Solbäder, Kohlensäurebäder u. s. w.) insbesondere auf den Gaswechsel. Habilitationsschrift, Halle 1902, S. 23 und 31. — In den Kohlensäurebädern war die ausgeatmete Kohlensäuremenge in weit höherem Mafse als der Sauerstoffverbrauch gesteigert und der respiratorische Quotient stieg daher von 0,8 auf 1,0 und über 1,0.

Was die Atmungsfrequenz anlangt, so war dieselbe meistens wohl ebenfalls erhöht in denjenigen meiner Windversuche, welche, den Versuchen in Windstille gegenüber, eine höhere Atmungsgröſse ergaben. Jedoch erwies sich durchschnittlich die Atmungsgröſse weit stärker, als die Frequenz gesteigert. Wo daher der Wind die Atmung überhaupt beeinfluſst (steigert), nimmt in der Regel die Tiefe der Atmung erheblich zu. Beispielsweise verhalten sich in den Versuchen Nr. 110 (Windstille bei 16°) und Nr. 112 (Wind bei 16°) die Atmungsgröſsen wie 100 : 129, die Atmungsfrequenzen nur wie 100 : 114; in Nr. 103 und Nr. 104, bei 20°, erstere bezw. wie 100 : 116, letztere nur wie 100 : 108; in Nr. 107 und 108 (bei 16° Bekleidet und Nackt) die Atmungsgröſsen wie 100 : 112 und die Frequenzen dagegen wie 100 : 100 u. s. w. Weitergehende Angaben über die Steigerung der Tiefe der Atemzüge unter dem Einfluſs des Windes zu machen, bin ich nicht in der Lage, da ich mich anfänglich mit der Messung der Atmungsgröſse begnügen wollte und erst von Versuch Nr. 76 ab die Atemzüge häufiger notiert habe.

Die Vergleichsversuche in trockener Luft und feuchter Luft (Nr. 95—112) sollten lediglich der Ermittelung der Frage dienen, ob die Luftfeuchtigkeit in den vorausgegangenen Vergleichsversuchen die Resultate trüben konnte. Hierbei hat sich als zweifellos herausgestellt, daſs die Atmungsgröſse in feuchter Luft stets höher als in trockener, unter Umständen ganz wesentlich höher war. Doch wurden groſse Unterschiede nur durch auſserordentlich beträchtliche Änderungen der Luftfeuchtigkeit erzielt. Im Mittel aller dieser Versuche lieſs sich durch eine künstliche Steigerung der Luftfeuchtigkeit um etwa 50% relativer Feuchtigkeit (von etwa 30 auf 80% r. F.) eine Steigerung der Atmungsgröſse um etwa 10% erreichen. Da aber die Versuche, welche zu Vergleichen der Atmungsgröſsen in bewegter und unbewegter Luft herangezogen wurden, kaum mehr als um 5% r. F. und die meisten noch erheblich weniger differieren, so war der Fehler hieraus äuſserst gering; er betrug höchstens 1% der Atmungsgröſsen und beeinträchtigte somit die oben gezogenen Schlüsse in keiner Weise.

Beiläufig sei bemerkt, dafs die Atmungsfrequenz des Nackten[1]) anscheinend gesetzmäfsig, ungeachtet einer erheblichen Steigerung der Atmungsgröfse[2]), in feuchter Luft sogar geringer war als in trockener. Unter solchen Umständen mufs, eben durch die Verlangsamung der Atmung, die Tiefe der einzelnen Atemzüge ungewöhnlich grofs werden.

Von Interesse sind noch aus der gleichen Versuchsreihe die Angaben, welche die Versuchsperson über ihre Empfindungen machte: Bei 20° in unbewegter Luft merkte der Mann bekleidet keinen Unterschied im Wärmegefühl zwischen trockener und feuchter Luft; im Wind kam ihm bei 20° die trockene Luft kälter als die feuchte vor; bei 15° in unbewegter Luft hielt er im Gegenteil die feuchte Luft für kälter als die trockene. Dabei waren die Atmungsgröfsen durchweg in feuchter Luft gröfser als in trockener (100 : 118, 100 : 105, 100 : 120). Nackt hingegen erklärte er stets die feuchtere Luft für die kältere, sowohl bei 15° ohne Wind (Atmungsgröfsen 100 : 115), als bei 25° mit Wind (Atmungsgröfsen 100 : 108) und bei 20° mit Wind (Atmungsgröfsen 100 : 107).

Nach diesen Ausführungen dürfte sich der gegenwärtige Stand unseres Wissens über die Beeinflussung des menschlichen Organismus durch bewegte Luft, soweit experimentell begründet, im wesentlichen wie folgt zusammenfassen lassen:

1. Gibt sich die Wirkung des Windes durch, wenn auch geringgradigste Kältesymptome (Gänsehaut u. s. w.) zu erkennen, so sind Atmungsgröfse sowohl, wie Kohlensäurebildung nebst Sauerstoffverbrauch, auch die Wasserdampfabgabe aus Respiration bedeutend höher als bei Windstille.

2. Unter mittleren Verhältnissen, wo man bewegte und unbewegte Luft unterschiedslos für die Wärmeempfindung hinnimmt, werden Atmungsgröfse und Kohlensäurebildung durch den Wind nicht beeinflufst, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) jedoch bedeutend durch den Wind herabgesetzt.

1) 100 : 75, 100 : 90, 100 : 67 die Atmungsfrequenzen (Trocken : Feucht).
2) 100 : 115, 100 : 108, 100 : 107 die Atmungsgröfsen (Trocken : Feucht).

3. In solchen Fällen (höhere Temperaturen, etwa 30° und mehr), wo bewegte Luft als eine Annehmlichkeit empfunden wird, ist die Atmungsgröſse durch den Wind gesteigert, die Kohlensäurebildung etwas herabgesetzt, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) bedeutend durch den Wind herabgesetzt.

4. Bei extrem hohen Temperaturen (Luft wärmer als der Körper) sind Atmungsgröſse, auch Kohlensäurebildung in bewegter Luft höher als in ruhender Luft, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) in bewegter Luft bedeutend höher als in ruhender Luft.

(Folgt Generaltabelle S. 43—48.)

Generaltabelle.

Nr.	Tag 1902	Luft Temp.	Luft Feucht.	Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungsgröfse, Stundenliter	Bemerkungen
		Grad	%				
1	13. II.	29,0	—	Ohne	Bekl.	630,6	Durchweg kein Schweifs. Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 1 u. 4 (Temp. 28,8°) = 603,3; aus 2 u. 3 (Temp. 29,7°) = 688,0.
2	›	30,0	—	Mit	›	783,3	
3	›	29,5	—	›	›	592,8	
4	›	28,6	—	Ohne	›	576,0	
8	14. II.	39,7	8	Mit	›	763,5 (396,0 + 367,5)	Ziemlich viel Schweifs. — Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 8 u. 10 (Temp. 36,3°) = 797,7.
9	›	36,4	13	Ohne	›	712,5 (346,5 + 366,0)	Schweifs wie vor, vielleicht mehr.
10	›	32,8	17	Mit	›	831,9 (420,0 + 411,9)	Wenig Schweifs.
11	15. II.	38,0	13	›	›	684,0 (327,0 + 357,0)	Mäfsig Schweifs. — Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 11 u. 14 (Temp. 38,7°) = 738,2; aus 12 u. 13 (Temp. 39,1°) = 701,3.
12	›	39,3	28	Ohne	›	662,1 (321,0 + 341,1)	Viel Schweifs.
13	›	39,0	15	›	›	740,4 (341,4 + 399,0)	Viel Schweifs.
14	›	39,4	19	Mit	›	792,3 (391,5 + 400,8)	Viel Schweifs wie vor.
15	17. II.	10,7	40	Ohne	›	546,0 (282,0 + 264,0)	Sehr kalt, zuweilen Zittern.
16	›	16,5	41	›	›	589,5 (289,5 + 300,0)	›Gerade kalt genug.‹
17	›	16,6	43	Mit	›	661,5 (328,5 + 333,0)	›Mächtig kalt‹, kälter als in Nr. 15 ohne Wind bei 10,7°.
18	›	20,2	28	Ohne	›	625,2 (291,0 + 334,2)	—
19	›	20,4	34	Mit	›	684,0 (327,0 + 357,0)	Kälter als in Nr. 16 ohne Wind bei 16,5°.
20	›	25,5	24	Ohne	›	577,5 (265,5 + 312,0)	›Gerade gut so‹.
21	›	25,5	28	Mit	›	639,0 (306,0 + 333,0)	Frösteln.
22	›	30,3	24	Ohne	›	612,9 (288,0 + 324,9)	Kein Schweifs.
23	›	30,4	26	Mit	›	674,4 (316,8 + 357,6)	Angenehmer als zuvor.
24	18. II.	22,6	26	Ohne	›	656,4 (306,0 + 350,4)	Annehmbar warm.
25	›	22,4	30	Mit	›	790,5 (380,1 + 410,4)	Unangenehm kalt. (Gänsehaut.)
26	›	23,8	29	Ohne	›	782,1 (377,1 + 405,0)	Annehmbar warm.
27	›	23,9	29	Mit	›	782,1 (378,0 + 404,1)	Etwas kühl. (Doch keine Gänsehaut.)

Nr.	Tag 1902	Luft Temp.	Luft Feucht.	Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungsgröfse, Stundenliter	Bemerkungen
		Grad	%				
28	19. II.	24,4	26	Ohne	Bekl.	600,9 (300,0 + 300,9)	Windstille wohl etwas angenehmer als Wind.
29	»	24,4	28	Mit	»	586,8 (289,5 + 297,3)	
30	»	21,9	30	Ohne	»	642,3 (309,0 + 333,3)	Windstille bedeutend angenehmer als Wind.
31	»	21,9	30	Mit	»	681,9 (338,4 + 343,5)	
31a	20. II.	34,2	26	Ohne	Nackt	684,0 (319,5 + 364,5)	Wind angenehmer; ohne Wind etwas, jedoch ganz wenig Schweifs, mit Wind kein Schweifs.
32	»	35,0	32	Mit	»	771,0 (384,0 + 387,0)	
33	»	34,6	30	Ohne	Bekl.	720,0 (349,5 + 370,5)	Ziemlich viel Schweifs; war ohne Wind nackt angenehmer.
34	»	35,6	32	Mit	»	725,4 (345,0 + 380,4)	—
35	»	36,3	32	Ohne	Nackt	639,0 (294,0 + 345,0)	Empfindungen wie in Nr. 31a u. 32. Mittlere Atmungsgröfse in Nr. 31a u. 35 (35,2°) = 661,5; aus 32 u. 36 (36,0°) = 734,4.
36	»	37,1	33	Mit	»	697,8 (350,4 + 347,4)	
37	21. II.	39,1	29	Ohne	»	600,0 (267,0 + 333,0)	Wind angenehm. als Windstille; ohne Wind sehr viel mehr Schweifs. Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 37 u. 39 (Temp. 39,8°) = 687,0; aus Nr. 38 u. 40 (Temp. 40,0°) = 835,8.
38	»	39,5	37	Mit	»	841,5 (430,5 + 411,0)	
39	»	40,4	37	Ohne	»	774,0 (363,0 + 411,0)	
40	»	40,4	30	Mit	»	830,1 (401,1 + 429,0)	
41	22. II.	30,9	26	Ohne	»	699,6 (335,1 + 364,5)	Wind angenehmer; ohne Wind etwas warm, aber kein Schweifs.
42	»	30,9	26	Mit	»	709,2 (359,7 + 349,5)	
43	»	31,0	24	Ohne	»	708,3 (332,1 + 376,2)	Empfindungen wie zuvor. Mittlere Atmungsgröfse in 41 u. 43 (30,9°) = 704,0; in 42 u. 44 (30,7°) = 731,4.
44	»	30,5	25	Mit	»	753,6 (382,8 + 370,8)	
45	24. II.	35,4	25	Ohne	»	705,6 (335,1 + 370,5)	Durchweg sehr wenig Schweifs. Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 45 und 47 (Temp. 34,5°) = 692,6, aus 46 u. 48 (Temp. 34,5°) = 692,3.
46	»	34,0	24	»	Bekl.	733,5 (347,1 + 386,4)	
47	»	33,5	26	»	Nackt	679,5 (339,0 + 340,5)	
48	»	35,0	24	»	Bekl.	651,0 (316,5 + 334,5)	

Nr.	Tag 1902	Luft Temp.	Luft Feucht.	Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungsgröfse, Stundenliter	Bemerkungen	
		Grad	%					
49	24. II.	28,1	23	Ohne	Nackt	678,9 (323,4 + 355,5)	Durchweg keine Kälteempfindung. Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 49 u. 51 (Temp. 25,5°) = 677,3, aus 50 u. 52 (Temp. 25,5°) = 681,8.	
50	»	24,9	25	»	Bekl.	670,5 (319,5 + 351,0)		
51	»	22,9	25	»	Nackt	675,6 (344,1 + 331,5)		
52	»	26,1	25	»	Bekl.	693,0 (325,5 + 367,5)		
53	25. II.	21,0	28	»	Nackt	635,1 (306,0 + 329,1)	Etwas kühl.	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 53 u. 55 (20,3°) = 634,7; aus Nr. 54 u. 56 (20,3°) = 643,6.
54	»	20,7	27	»	Bekl.	646,8 (328,8 + 318,0)	Nicht zu kühl.	
55	»	19,6	26	»	Nackt	634,2 (315,6 + 318,6)	Etwas kühl.	
56	»	20,0	26	»	Bekl.	640,5 (307,5 + 333,0)	Nicht zu kühl.	
57	»	20,3	28	Mit	»	718,8 (351,0 + 367,8)	Etwas gefroren.	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 57 u. 58 (20,3°) = 700,0.
58	»	20,2	30	»	»	680,4 (332,4 + 348,0)	Etwas gefroren.	
59	26. II.	15,7	39	Ohne	Nackt	742,2 (365,4 + 376,8)	Etwas Frieren.	
60	»	15,1	39	»	Bekl.	800,0 (426,0 + 374,0)	Kein Frieren.	
61	»	15,1	39	»	Nackt	697,2 (367,8 + 329,4)	Frieren stärker als in Nr. 59.	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 61 u. 64 = 770,9; aus Nr. 62 u. 63 = 599,3.
62	»	15,7	39	»	Bekl.	591,0 (297,6 + 293,4)	Kein Frieren.	
63	»	15,5	39	»	»	607,5 (297,0 + 310,5)	Kein Frieren.	
64	»	15,5	39	»	Nackt	844,5 (444,6 + 399,9)	Recht stark. Frieren.	
65	»	15,4	39	Mit	Bekl.	1072,2 (557,4 + 514,8)	Starkes Frieren wie in 61 u. 64	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 65 u. 66 = 1006,1.
66	»	15,4	39	»	»	939,9 (519,0 + 420,9)	Starkes Frieren wie in 61 u. 64.	
67	27. II.	19,4	37	Ohne	Nackt	564,9 (288,6 + 276,3)	Kein Frieren.	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 67 u. 69 (19,8°) = 595,2; aus Nr. 68 u. 70 (19,8°) = 609,8.
68	»	19,6	42	»	Bekl.	597,0 (287,1 + 309,9)	Wärmer als in 67.	
69	»	20,1	43	»	Nackt	625,5 (321,0 + 304,5)	Kein Frieren.	
70	»	20,1	43	»	Bekl.	622,5 (301,5 + 321,0)	Kein Frieren.	

Nr.	Tag 1902	Luft Temp.	Luft Feucht.	Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs-gröſse, Stundenliter	Bemerkungen	
		Grad	%					
71	27. II.	20,2	43	Mit	Bekl.	675,0 (347,1 + 327,9)	Kein Frieren.	Mittl. Atmungsgröſse aus Nr. 72 u. 74 (19,9°) = 894,0; aus Nr. 71 u. 73 (19,8°) = 674,9.
72	»	20,4	42	»	Nackt	759,0 (373,5 + 385,5)	Starkes Frieren, wie in 61 u. 64	
73	»	19,3	40	»	Bekl.	674,7 (326,1 + 348,6)	»Kaum« gefroren.	
74	»	19,4	38	»	Nackt	1029,0 (510,0 + 519,0)	Stärkeres Frieren als in Nr. 72.	
75	28. II.	16,6	46	Ohne	»	591,6 (293,7 + 297,9)	Keine besondere Empfindung.	Mittl. Atmungsgröſse aus Nr. 75 u. 77 (16,4°) = 643,4; aus Nr. 76 u. 78 (16,4°) = 638,3.
76	»	16,2	45	»	Bekl	594,0 (297,0 + 297,0)	Keine besondere Empfindung. 18 Atemzüge p. Min.	
77	»	16,2	47	»	Nackt	695,1 (336,0 + 359,1)	Zuweilen etwas kalt. 20 Atemzüge p. Min.	
78	»	16,6	47	»	Bekl.	682,5 (342,6 + 339,9)	Keine besondere Empfindung. 21 Atemzüge p. Min.	
79	»	17,0	49	Mit	»	727,8 (376,8 + 351,0)	Zuweilen etwas kalt. 23 Atemzüge p. Min.	Mittl. Atmungsgröſse aus Nr. 79—82 (16,3°) = 852,2.
80	»	16,5	49	»	»	682,8 (352,8 + 330,0)	Zuweilen etwas kalt. 20—21 Atemz. p. Min.	
81	»	16,0	50	»	»	968,4 (495,0 + 473,4)	Kälter als in Nr. 79 u. 80. 22—24 Atemz. p. Min.	
82	»	15,7	52	»	»	1029,6 (531,6 + 498,0)	Kälter als in Nr. 79 u. 80. 23—27 Atemz. p. Min.	
83	1. III.	14,4	56	Ohne	Nackt	737,1 (336,6 + 400,5)	Etwas kühl, Gänsehaut. 16—22 Atemz. p. Min.	Mittl. Atmungsgröſse aus Nr. 83, 85 u. 87 (14,2°) = 995,3; aus Nr. 84 u. 86 (14,0°) = 873,2.
84	»	14,2	55	»	Bekl.	821,7 (423,0 + 398,7)	»Gerade so richtig«. 19—23 Atemzüge pro Min.	
85	»	14,2	55	»	Nackt	1012,5 (528,0 + 484,5)	Etwas kühl, Gänsehaut. 18—23 Atemz. p. Min.	
86	»	13,8	55	»	Bekl.	924,6 (445,8 + 478,8)	Etwas Gänsehaut. 22 Atemzüge p. Min.	
87	»	13,9	54	»	Nackt	1236,3 (625,5 + 610,8)	Kalt, Gänsehaut und Zittern. 18—20 Atemz. p. Min.	
88	»	13,6	55	Mit	Bekl.	1311,9 (624,0 + 687,9)	Sehr kalt. (Kälter als zuvor.) 22—25 Atemz. p. Min.	

Nr.	Tag 1902	Luft Temp.	Luft Feucht.	Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungsgröfse, Stundenliter	Bemerkungen
		Grad	%				
89	3. III.	9,9	63	Ohne	Bekl.	807,6 (416,4 + 391,2)	Keine besondere Empfind. 20—24 Atemzüge pro Min.
90	»	10,5	66	»	Nackt	1143,6 (564,0 + 579,6)	Sehr kalt (starkes Zittern, auch Schütteln). 23—28 Atemzüge pro Minute.
91	»	13,8	65	»	Bekl.	975,9 (463,2 + 512,7)	Keine besondere Empfind. 23—26 Atemzüge pro Min.
92	»	13,8	69	Mit	»	1018,2 (519,0 + 499,2)	Kalt (Zittern). 24—25 Atemzüge pro Min.
93	»	13,5	65	Ohne	»	946,8 (471,0 + 475,8)	Keine besondere Empfind. 21—24 Atemzüge pro Min.
94	»	13,9	68	»	Nackt	1149,3 (592,8 + 556,5)	Kalt (Zittern). 22—26 Atemzüge pro Min.
95	6. III.	25,5	32	Mit	»	946,8 (456,0 + 490,8)	Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 95 u. 96 (25,2°, 32% r. F.) = 975,9; aus 97 u. 98 (24,7°, 76%) = 1049,8. Durchweg gleich kalt (zuweilen Gänsehaut), oder vielleicht in Nr. 97 u. 98 etwas kälter als in 95 u. 96. Atemz. p. Min. in Nr. 95 = 21—26, in 96 = 24—28; in 97 = 21—25, in 98 = 19—23.
96	»	25,0	33	»	»	1005,0 (540,0 + 465,0)	
97	»	25,0	80	»	»	1163,4 (624,0 + 539,4)	
98	»	24,4	72	»	»	936,3 (486,0 + 450,3)	
99	8. III.	21,4	33	»	»	1017,9 (528,0 + 489,9)	Mittl. Atmungsgröfse aus Nr. 99 u. 100 (20,2°, 34% r. F.) = 1011,1; aus 101 u. 102 (20,6°, 84%) = 1077,6. In Nr. 99 zuweilen Gänseh., in 100 zuweilen auch Zittern u. Schütteln; in Nr. 101 u. 102 kälter als in 99 u. 100. Atemz. p. Min. in Nr. 99 = 22—25, in 100 = 23—26; in 101 = 13-15, in 102 = 18-19.
100	»	19,1	36	»	»	1004,4 (525,6 + 478,8)	
101	»	20,6	83	»	»	1083,9 (558,0 + 525,9)	
102	»	20,6	85	»	»	1071,3 (543,9 + 527,4)	
103	10. III.	20,6	24	Ohne	Bekl.	764,4 (369,0 + 395,4)	Keine besondere Empfind. 23—25 Atemzüge pro Min.
104	»	20,1	26	Mit	»	845,4 (435,3 + 410,1)	Etwas kalt, aber nur sehr wenig. 25—27 Atemz. p. M.
105	»	19,2	68	Ohne	»	904,8 (429,9 + 474,9)	Keine besondere Empfind. 28 Atemzüge pro Minute.
106	»	20,5	70	Mit	»	897,6 (464,1 + 433,5)	Keine besondere Empfind. 29 Atemzüge pro Minute.
107	13. III.	15,9	35	Ohne	»	768,0 (384,0 + 384,0)	Keine besondere Empfind. 23—26 Atemzüge pro Min.
108	»	15,9	34	»	Nackt	859,5 (442,8 + 416,7)	Etwas kalt, aber nur wenig. 22—26 Atemz. p. M.

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs-gröfse, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht.				
		Grad	%				
109	13.III.	15,6	34	Mit	Bekl.	861,9 (453,3 + 408,6)	Etwas kalt, aber nur wenig. 22 Atemz. pro Min.
110	»	16,1	81	Ohne	»	802,8 (405,9 + 396,9)	Etwas kalt. 20–23 Atemzüge pro Min.
111	»	16,3	79	»	Nackt	987,0 (513,0 + 474,0)	Kalt. 16—20 Atemzüge pro Min.
112	»	16,4	82	Mit	Bekl.	1038,6 (546,0 + 492,6)	Nicht so kalt wie in 111, aber kälter als in 109. 24—25 Atemzüge pro Min.
113	21.III.	18,3	43	»	»	1070,1	Etwas kalt { 44,0 g CO_2/St., 37,4 g O_2/St., Quot. = 0,86.
114	»	17,5	42	Ohne	»	943,8	Nicht kalt { 36,9 g CO_2/St., 31,0 g O_2/St., Quot. = 0,87.
115	22.III.	15,1	52	»	»	853,2	Nicht kalt { 35,0 g CO_2/St., 29,3 g O_2/St., Quot. = 0,87.
116	»	15,3	52	»	»	801,0	Nicht kalt { 28,2 g CO_2/St., 24,0 g O_2/St., Quot. = 0,86.
117	»	16,2	52	Mit	Nackt	1009,5	Sehr kalt, Zittern u. Schütteln { 57,3 g CO_2/St., 51,9 g O_2/St., Quot. = 0,81.

Über die baktericide Wirkung von Blutserum und Blutplasma.

Von

Dr. med. **Alfred Pettersson.**

(Aus dem pathol. Institute in Upsala.)

Seitdem H. Buchner seine Untersuchungen über baktericide Eigenschaften des Blutes veröffentlichte, sind solche Wirkungen auch von anderen tierischen Flüssigkeiten nachgewiesen worden und das Vorkommen bakterienfeindlicher Stoffe in tierischen Körpersäften ist — von Alfred Fischer und der Tübinger Schule abgesehen — wohl überall angenommen. Betreffs des Blutes ist jedoch das Plasma kaum eingehender untersucht worden, sondern der Nachweis der genannten Eigenschaften bezieht sich auf das defibrinierte Blut oder meistens auf das Serum. Erst nach dem Anfange dieser Untersuchung ist eine eingehendere Arbeit von Gengou[1]) über dasselbe Thema erschienen[2]).

Dafs die Aufschlüsse, welche durch Untersuchung des Serums erhalten wurden, nicht ohne weiteres auf das Blut übertragen

1) Gengou, Octave, Annales de l'Institut Pasteur, Avril 1901.

2) Meine Untersuchung war schon Anfang vorigen Jahres teilweise abgeschlossen und zum Drucke befördert. Der Druck wurde aber verzögert und während der Zeit ist die Arbeit von Gengou erschienen. Da seine Ergebnisse den meinigen in vielen Beziehungen widersprechen, habe ich die Frage einer neuen Untersuchung unterzogen, die aber erst letzten Herbst beginnen konnte.

werden können, ist klar, wenn man die, von der des Plasmas abweichende Zusammensetzung des Serums berücksichtigt. Im Serum ist nicht nur das Fibrinogen gröfstenteils entfernt und dadurch der Eiweifsgehalt vermindert, sondern auch Kalk und Phosphorsäure werden bei der Fibringerinnung aus dem Plasma teilweise ausgeschieden. Dagegen enthält das Serum mehr Serumglobulin als das Plasma, das vielleicht aus den Leukocyten stammt. Ferner reagiert das Serum stärker alkalisch als das Plasma. Die Angabe Thalmanns[1]), dafs Pferde- und Schweinsserum schwach sauer reagiere, ist, wenigstens das Pferdeserum betreffend, sicherlich irrig.

Es scheint a priori auch nicht unwahrscheinlich, dafs Verschiedenheiten in der baktericiden Wirkung der beiden Flüssigkeiten bestehen können. Durch die ungleiche chemische Zusammensetzung sind vielleicht Bedingungen vorhanden, welche durch osmotische Prozesse beim Übertragen von Zellen in das Plasma andere intracellulare Druckverhältnisse hervorrufen, als beim Übertragen in das Serum. Anderseits aber liefse sich auch annehmen, dafs die bakterienfeindlichen Körper in verschieden grofser Menge im Plasma, aber auch im Serum vorhanden sein können. Von Buchner und seinen Schülern, Hahn, Schattenfroh u. a. ist längst festgestellt, dafs die Alexine ihren Ursprung den Leukocyten verdanken. Zusatz von Leukocyten zum Blutserum verstärkt auch im Reagierglase die bakterienvernichtende Wirkung des Serums. Hahn[2]), Laschtschenko[3]) und Trommsdorff[4]) haben nachgewiesen, dafs auch unter diesen Verhältnissen das Abgeben von baktericiden Substanzen der Ausdruck eines vitalen Prozesses der Leukocyten sein kann. Auf einer Extraktion der Alexine oder Freimachen nach »Phagolyse« beruht dagegen die Verstärkung der keimfeindlichen Wirkung aktiver Sera nach Zusatz von Leukocyten anderer Tierspecies, wie in den Versuchen von Laschtschenko,

---

1) Thalmann, Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXVII, 1900.
2) Hahn, M., Archiv f. Hygiene, Bd. XXV.
3) Laschtschenko, P., Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVI.
4) Trommsdorff, K., Archiv f. Hygiene, Bd. XL, 1901.

Bail[1]) und Trommsdorff. Bedingungen für verschiedene Verhältnisse im Plasma und im Serum sind schon dadurch vorhanden, dafs das Plasma unzweifelhaft eine bessere Konservierungsflüssigkeit für die körperlichen Elemente des Blutes ist als das Serum. Serum wird z. B. ziemlich rasch verfärbt, während ein nach unten angegebener Methoden hergestelltes Plasma noch nach mehreren Tagen fast dieselbe Farbe wie anfangs besitzt. Nach Nakanishi[2]) kann defibriniertes Rinderblut noch nach 10 Tagen lebende Leukocyten mit amöboiden Bewegungen enthalten. Es wäre dann nicht undenkbar, dafs diese überlebenden Leukocyten in der abnormen Suspensionsflüssigkeit Serum gereizt werden können, dafs sie mehr Alexine abgeben als im Plasma. Schon nach kurzer Zeit dürfte aber das Serum das Zerfallen der meisten Leukocyten hervorrufen. Dadurch würde eine Vermehrung in dem Alexingehalte des Serums eintreten derart, dafs die bakterienvernichtende Wirkung des Plasmas der des Serums nicht entspreche, sondern geringer sei.

Gerade diese Annahme hat Gengou[3]) geglaubt, als Thatsache feststellen zu können. Nach ihm enthält nämlich das Plasma des kreisenden Blutes kein Alexin. Die Leukocyten sind damit geladen, geben aber, erst wenn sie beim Gerinnen des Blutes geschädigt oder abgestorben sind, das Alexin dem Serum ab.

Kommen im Blute besondere, den Bakterien schädliche Körper vor, dürfte man gern annehmen, dafs diese von entstandenen Eiweifsniederschlägen leicht mitgerissen werden können, wie z. B. Pepsin gern am Eiweifs haftet. Dies scheint um so mehr annehmbar, da das Serum durch das Blutgerinnsel geradezu filtriert werden mufs, ehe es ausgeschieden wird. Die Beobachtung von Buchner, dafs im Serum, das man wiederholt hat gefrieren und wieder auftauen lassen, bakterienfeindliche Wirkungen fast ausschliefslich den tieferen Schichten zukommen, würde sich vielleicht auf diese Weise erklären lassen.

1) Bail, O., Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXVII, 1900.
2) Nakanishi, Münchner med. Wochenschrift, 1899.
3) Gengou, a. a. O.

Diese Schichten waren nämlich trübe und viel reicher an festen Bestandteilen als die obersten. Solchenfalls würde das Plasma stärkere bakterienfeindliche Eigenschaften besitzen als das Serum. Endlich würden vielleicht diese beiden Prozesse gleichzeitig verlaufen können und sich mehr oder weniger ausgleichen. Jedenfalls ist die Gleichwertigkeit von Serum und Plasma nicht ohne weiteres anzunehmen, auch wenn man der im Plasma enthaltenen fibrinogenen Substanz keine bakterienfeindliche Wirkung zuschreibt.

Die Herstellung eines Plasmas von gleicher Zusammensetzung wie die des lebenden Blutes ist bis jetzt nicht gelungen. Jedenfalls kann man auf künstlichem Wege Plasma gewinnen, das dem letzteren weit ähnlicher ist als das Serum.

Um das Plasma zu gewinnen, kann man auf verschiedene Weise verfahren. Schon durch rasches Abkühlen wird das Gerinnen des Blutes gewisser Tiere verhindert. Bis Null abgekühltes Pferdeblut trennt schon nach kurzer Zeit eine tiefe Plasmaschichte ab. Durch Centrifugieren kann das Plasma von Leukocyten leicht frei erhalten werden. Wird das Blut in Gefässen mit geölten oder paraffinierten Wandungen aufgesammelt, so kann das Gerinnen auch anderer Blutsorten aufgeschoben werden. Bei höherer Temperatur gerinnt aber dieses Plasma sofort und ist also für bakteriologische Zwecke unbrauchbar. Mir ist es wenigstens nie gelungen, in dieser Weise ein Plasma herzustellen, das im Brutofen nicht völlig geronnen wäre.

Gewisse Substanzen besitzen die Eigenschaft, die Gerinnung des Blutes zu verhindern. Einige, wie die von Arthus und Pagés[1]) angegebenen Alkalioxalate, Fluoride und Seife, fällen die löslichen Kalksalze aus. Andere, wie Kaliumcitrat, verändern das Blut in dieser Hinsicht nicht. Für meinen Zweck haben sich nur solche Methoden bewährt, welche keine nennenswerte Verdünnung des Blutes hervorrufen. Das sogenannte »Salzplasma«, das man erhält, wenn Blut aus der Ader in Neutralsalz, z. B. Magnesiumsulfatlösung, aufgefangen wird, und die

1) Arthus et Pagés, Archives de Physiologie, 5 serie, tome 2, 1890, S. 709.

Blutkörperchen abfiltriert werden, ist für bakteriologische Arbeiten völlig unbrauchbar. Peptonplasma, gleichwie das in ähnlicher Weise nach der Injektion eines Extraktes der Mundteile des Blutegels gewonnene Plasma, habe ich auch nicht benutzt, weil es in diesen Fällen nicht ausgeschlossen ist, dafs das Plasma wesentlich verändert werden könne.

In den folgenden Versuchen habe ich hauptsächlich die von Arthus und Pagés angegebene Methode mit Kalium- bezw. Natriumoxalat und die von Alex. Schmidt[1]) mit citronensaurem Kali benutzt.

Beim Zusatz von Natriumoxalat entstehen keine, nicht vorher im Blute befindlichen Salze. Deshalb wäre es dem Kalisalze unbedingt vorzuziehen, wenn es nicht viel weniger löslich wäre. Bei + 15° C. löst sich Natriumoxalat in 31,1 Teilen Wasser.

Von einer sterilisierten 10proz. wässerigen Lösung von Kaliumoxalat oder konzentrierten Natriumoxalatlösung wurde im voraus so viel in das sterile Gefäfs eingeführt, dafs die Oxalatmenge des aufgesammelten Blutes bis 1,0 per Mille Kalium- oder 0,8 Natriumoxalat betrug. In diese Lösung wurde das Blut eingelassen aus der freipräparierten Carotis oder, bei Pferden und Rindern, aus der Stichwunde. Gerade wenn es sich um Kaninchen- und Meerschweinchenblut handelte, war es nötig, das Blut in die Oxalatlösung einfliefsen zu lassen, und aufs Beste wurde auch dafür gesorgt, dafs die Gefäfswände überall nafs waren, und Salzlösung und Blut sogleich gut gemischt wurden. Im anderen Falle trat leicht teilweise Gerinnung ein.

Nach Gengou[2]) wäre das Oxalatplasma mit Serum nicht zu vergleichen, weil das Oxalat das Alexin »zerstört«. Die Thatsache, dafs die baktericide Wirkung des Serums durch Zusatz von Oxalat abgeschwächt wird, habe ich auch bestätigen können, in einer Konzentration von 1,0 per Mille aber nur gegenüber dem Milzbrandbacillus. Dagegen ruft ein so grofser Oxalatzusatz im aktiven Serum stärkere baktericide Wirkung auf B. coli, B. typhi, B. pyocyaneum u. a. hervor. Als Beispiel sei ein

1) Schmidt, Alex., Weitere Beiträge zur Blutlehre. Wiesbaden 1895.
2) Gengou, a. a. O.

Versuch mit Rinderserum und einer mit Kaninchenserum angeführt.

Versuch I.

Rinderserum, 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	2 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std.
3 ccm Serum	B. coli	1 982	1156	34	15	4261
do.	»	2 320	1653	20	13	2862
do.	B. typhi	25 307	596	75	41	2480
do.	»	17 800	572	58	22	1717
3 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	B. coli	2 100	20	0	0	14
do.	»	2 162	28	1	0	0
do.	B. typhi	28 864	5	1	0	0
do.	»	14 883	3	0	0	5

Versuch II.

Kaninchenserum, 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm Serum	B. anthraxis	11 448	7	34
do.	»	9 158	416	136
2 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	»	896	?	7632
do.	»	10 048	78	1242

Der übrige Teil des Versuches ist als »Versuch IV« wiedergegeben und der Vergleich mit dieser Tabelle zeigt, dafs nur der Milzbrandbacillus von der gewöhnlichen Regel abweicht.

Die Änderung der baktericiden Wirkung ist nicht ohne Bedeutung beim Vergleich des Oxalatplasmas mit dem Serum von gleich grofsem Oxalatgehalte. Nach Zusatz von 1,0 per Mille Oxalat und Entfernen des Niederschlages ist das Oxalat im Überschufs sowohl im Plasma als im Serum. Die Verstärkung bezw. Abschwächung der keimfeindlichen Wirkung kann also entweder auf diesem überschüssigen Oxalate oder auf den beim Ausfällen des Kaliumoxalates entstandenen Salzen oder auch auf beiden beruhen. Die bei Zusatz von Kaliumoxalat entstehenden Salze sind Kaliumphosphat, -Karbonat und -Chlorid. Der Gehalt von jedem dieser Salze dürfte wohl nie gröfser sein als die gegen

0,5 per Mille Kaliumoxalat äquivalente Menge. Bei meinen Versuchen habe ich mich nie überzeugen können, dafs sie in dieser Konzentration eine regelmäfsige Verstärkung oder Abschwächung der keimfeindlichen Wirkung des aktiven Serums hervorrufen. Bei der doppelt gröfseren, also 1,0 per Mille Kaliumoxalat entsprechenden Konzentration wirkt dagegen das Kaliumbikarbonat deutlich verstärkend, Chlorkalium scheint indifferent zu sein, das Dikaliumphosphat aber wirkt, wie aus dem folgenden Versuche zu ersehen ist, abschwächend.

Versuch III.

Grofses Meerschweinchen. Das Serum ungefähr 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm gew. Serum	B. typhi	11 320	1895	908	3 116
do.	›	7 186	3243	83	4 960
2 ccm Serum mit 0,94 ‰ Dikaliumphosphat	›	8 649	1977	8 013	11 628
do.	›	8 140	4261	10 875	16 027

Die Verstärkung der bakterienfeindlichen Wirkung nach dem Oxalatzusatze ist also den entstandenen Salzen wahrscheinlich nicht zuzuschreiben. Anstatt dessen dürfte sie durch das Oxalat selbst hervorgerufen sein. Diese Annahme wird auch dadurch sehr wahrscheinlich, dafs gröfsere Oxalatmengen stärkere Erhöhung der baktericiden Wirkung hervorrufen als kleinere, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Versuch IV.

Kaninchen. Serum 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm gew. Serum	B. coli	2925	4261	270 000
do.	›	3879	6234	300 000
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat	›	3498	3116	30 909
do.	›	4452	3523	173 301
2 ccm Serum mit 2,0 ‰ Kaliumoxalat	›	3720	400	74
do.	›	4324	1020	72

Ist die Oxalatmenge dagegen so klein, dafs kein Überschufs davon vorhanden ist, so kann das Oxalatserum dem gewöhnlichen Serum in keimfeindlicher Wirkung sogar nachstehen.

Versuch V.

Hund. Serum ungefähr 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Serum ohne Oxalat	B. typhi	ca. 50000	464	21	260
do.	»	»	12 597	94	440
2 ccm Serum mit 0,5 ‰ Kaliumoxalat	»	»	381	224	6323
do.	»	»	604	3197	5533

Ist es also sehr wahrscheinlich, dafs das Oxalat die Erhöhung der baktericiden Wirkung hervorruft, so entsteht die Frage, von welcher Natur sie ist. Da ist zuerst zu bemerken, dafs in dem inaktiven Serum das Oxalat das Wachstum der Bakterien nicht beeinflufst.

Versuch VI.

Kaninchen. 18 Stunden altes Serum, inaktiviert, 4 Stunden bei + 55° C.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	$1^1/_2$ St.	3 Std.	$4^1/_2$ St.
2 ccm inaktives Serum	B. coli	592	2480	2 862	42 031
do.	»	636	728	2 156	45 576
do.	B. typhi	2712	2512	33 622	∞
do.	»	2472	2890	5 914	133 689
do.	B. pyocyan.	715	788	720	1 546
2 ccm inaktives Serum mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat	B. coli	672	2718	5 024	58 742
do.	»	752	934	2 175	30 384
do.	B. typhi	3192	3090	19 461	∞
do.	»	2260	2534	8 140	98 241
do.	B. pyocyan.	890	670	652	1 431

Ebenso verhält sich die Bouillon beim Oxalatzusatze. Offenbar ist das Oxalat weder ein Gift für die Bakterien, noch spielt die Erhöhung der Salzkonzentration eine Rolle durch Hervorrufen

von stärkerer Plasmolyse. Solchenfalls würde ein Unterschied eintreten zwischen dem inaktiven Serum mit und ohne Oxalat. Die Annahme Baumgartens, dafs die gröfsere Menge von leicht zugänglichen Nährstoffen des inaktiven Serums dem Effekte der Plasmolyse entgegenwirke, während der Mangel des aktiven Serums an solchen die Plasmolyse begünstigen würde, ist nicht stichhaltig. Wie ich früher gezeigt habe[1]), gibt es keine Veranlassung, anzunehmen, dafs das inaktive Serum ein besserer Nährboden ist als das aktive. Die einzige befriedigende Erklärung, ist, dafs die Alexine in ihrer Wirkung von anwesenden Neutralsalzen beeinflufst werden. Einige erhöhen, andere schwächen, wie Lingelsheim nachgewiesen hat[2]), die Alexinwirkung ab. Auch das Verhalten des Milzbrandbacillus dürfte dadurch erklärt werden können. Wenigstens im Kaninchenserum sind die gegen diesen wirksamen Stoffe zum Teil andere, als die gegen die übrigen Bacterien in Betracht kommenden.

Wenn man nun bedenkt, dafs die Menge von löslichen Kalksalzen des Plasmas gröfser ist als die des Serums, so mufs unter sonst gleichen Verhältnissen der Überschufs an Oxalat im Serum gröfser werden als im Plasma. Ruft der Oxalatzusatz eine Verstärkung der keimfeindlichen Wirkung hervor, so sollte diese offenbar im Serum gröfser sein als im Plasma. Würde aber das Oxalatplasma kräftiger keimtötend sein als das Serum mit gleich grofser Menge Oxalat, so ist es einleuchtend, dafs das natürliche Plasma dem gewöhnlichen Serum noch mehr überlegen sein mufs. In solchem Falle wäre das Oxalatplasma mit dem Serum plus Oxalat zu vergleichen und für diese Untersuchung verwertbar.

Auch mit Seifelösung kann man die Kalksalze ausfällen und dadurch die Blutgerinnung verhindern. Wegen des gröfseren Molekulargewichts kann man aber keine so konzentrierte Wasserlösung von Seife erhalten, dafs sie einer 10proz. Lösung von Kaliumoxalat entsprechen würde. Kaliumoleat löst sich in vier Teilen Wasser. Diese Lösung aber ist syrupdick und vermischt sich viel zu langsam mit dem Blute.

1) Pettersson, Alfred, Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXX, 1901.
2) Lingelsheim, Zeitschrift f. Hygiene, Bd. XXXVII.

Übrigens ist käuflich keine Seife zu haben, die für diesen Zweck brauchbar wäre. Ich habe Versuche mit einer 10proz. Lösung von Kalium oleïnicum von Merck angestellt.

Allerdings gelang es, das Gerinnen des Blutes zu verhindern, das Plasma wurde aber vom ausgezogenen und veränderten Hämoglobin rotbraun verfärbt. Das Blut war offenbar auch in anderer Hinsicht verändert. Es dauerte nämlich weit länger, das Plasma durch Centrifugieren aus dem Seifenblute abzuscheiden, als aus dem Oxalat- und dem ebenfalls zu erwähnenden Citratblute. Die Veränderungen beruhen zweifelsohne auf der stark alkalischen Reaktion der Seife. Jedenfalls haben diese Versuche ein gewisses Interesse. Es erwies sich nämlich, dafs dieses Seifenplasma keine baktericide Wirkung besafs. Schon nach vier Stunden hatten sich die eingeführten Bakterien erheblich vermehrt, während in dem entsprechenden Serum nach 24 Stunden die Zahl der auskeimfähigen Individuen noch bedeutend geringer war als gleich nach der Einsaat.

Nach Alex. Schmidt hindert auch Kaliumcitrat die Blutgerinnung. Die Menge mufs aber ein wenig gröfser sein als die des Oxalates, etwa 0,3—0,5 %. Auch das Citrat scheint gewöhnlich die Alexinwirkung ein wenig zu verstärken, aber nicht so viel wie das Oxalat. Wie beim Herstellen von Oxalatplasma wurde das Blut aufgesammelt in ein Gefäfs, enthaltend 20proz. wässerige Kaliumcitratlösung in der Menge, dafs das aufgefangene Blut 0,4 % enthielt. Betreffs Kaninchen und Meerschweinchen sind dieselben Vorsichtsmafsregeln wie für Oxalatblut nötig.

Nachdem das Blut aufgesammelt war, wurde es sogleich centrifugiert. Das Plasma wird aus dem Blute verschiedener Tiere nicht völlig gleich rasch ausgeschieden, am schnellsten beim Pferde, sehr langsam beim Rinde. Durch das Centrifugieren bekommt man ungefähr halb so viel Plasma, wie das in Arbeit genommene Blut. Längeres Centrifugieren gibt kaum gröfsere Mengen, vielleicht aber kann man mehr Plasma gewinnen mit einer Centrifuge von gröfserer Umdrehungsgeschwindigkeit.

Auf solche Weise hergestelltes Plasma ist schon dem äufseren Aussehen nach dem Serum aus demselben Blute oft nicht völlig gleich. Gewöhnlich ist ersteres heller. Ferner kann das Plasma getrübt sein, während das Serum klar ist, und bisweilen scheint das Plasma gröfsere Viscosität zu besitzen.

Dem natürlichen Plasma ist das Oxalat- und Citratplasma nicht gleichwertig. Aus dem ersteren sind die löslichen Kalksalze entfernt, und anstatt dessen enthält es Kalisalze von den früher mit Ca gebundenen Säuren und eine kleine Menge Oxalat bez. Citrat, da diese Salze regelmäfsig im Überschufs zugesetzt werden. Läfst man Plasma vom Pferd, Rind und Meerschweinchen die Nacht über stehen, so entsteht ein geringer amorpher Niederschlag, dessen Natur nicht völlig bekannt zu sein scheint, welcher aber nach Hammarsten[1]) Prothrombin enthält. Das Entstehen dieses Niederschlages ist von Wooldrige im Peptonplasma und später von Wright[2]) im entkalkten Plasma beobachtet worden. Im Kaninchenplasma entsteht ein solcher Niederschlag langsamer und nach einem Tage ist das Plasma oft noch nur opalisierend. Dem auf diese Weise hergestellten Plasma sind also auch gewisse Eiweifskörper entzogen.

Um mit dem Plasma völlig vergleichbar zu sein, sollte das Serum eigentlich gleichzeitig mit diesem gewonnen werden. Oft wird jedoch erst nach einem Tage eine genügende Menge Serum ausgeschieden und deshalb wurde das benutzte Serum in der Regel erst nach 18—20 Stunden entnommen. Man könnte freilich auch das Plasma erst nach dieser Zeit herstellen, was aber nicht empfehlenswert zu sein scheint. Wie näher gezeigt werden wird, verändert sich das Plasma während der Aufbewahrung des Blutes, so dafs es noch weniger dem normalen Plasma entspricht als gleich nach dem Entbluten.

Als Testobjekte auf die baktericide Wirkung wurden nur bewegliche Bakterien benutzt und die Einsaat wurde immer aus eintägigen Bouillonkulturen genommen, die keinen Bodensatz

1) Hammarsten, Über die Bedeutung der löslichen Kalksalze für die Faserstoffgerinnung. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 22, S. 345.

2) Wright, A. E., The Lancet, 1892, I, S. 457.

zeigten. Dadurch wurde beabsichtigt, die Einsaat möglichst gleichmäfsig zu machen. Um die Keimzahl zu bestimmen, wurden aus den beschickten Plasma- und Serumeprouvetten anfangs und weiter zu bestimmten Zeiten Ösen entnommen und zu Agarplatten verarbeitet.

Plasma und Serum sind nicht gleich reich an festen Bestandteilen. Das erstere enthält davon ungefähr 1 % mehr. Beide sind im Vergleich mit gewöhnlicher Nährbouillon ziemlich konzentrierte Lösungen. Doch ist dieses Übergewicht in weit höherem Grade dem Reichtum an Eiweifsen als dem an Salzen zuzuschreiben.

Beim Übertragen von Organismen aus Nährbouillon in Plasma bezw. Serum müssen plasmolytische Erscheinungen auftreten und diese dürften vielleicht im Plasma stärker werden als im Serum. Es war deshalb nötig, zu untersuchen, ob durch die stärkere Konzentration des Plasmas ein so reichlicheres Zugrundegehen der eingeführten Zellen infolge entstandener Plasmolyse eintrete, dafs dadurch eine Fehlerquelle von Bedeutung entstehen kann.

Eine Untersuchung dieser Art war um so nötiger, als nach Walz[1]) eine ganze Reihe von ungiftigen Substanzen gegen gewisse Bakterien völlig gleiche Wirkung wie Blutserum haben soll. Verschiedene Bakterien sind jedoch nicht in gleich hohem Grade empfindlich und auch nicht jede Species zeigt denselben Widerstand gegen verschiedene Substanzen. Es war deshalb nötig, sich eine Vorstellung zu machen von der Empfindlichkeit der für die Untersuchung im übrigen geeigneten Bakterien für etwaige Unterschiede betreffs Konzentration der zu untersuchenden Flüssigkeiten. Da es nicht möglich war, alle Stoffe des Blutplasmas bezw. des Serums in dieser Hinsicht durchzuprüfen, habe ich mich auf das Untersuchen des Verhaltens der Bakterien dem Kochsalze gegenüber eingeschränkt. Aus demselben Fleischwasser wurde gleichzeitig Bouillon und Agar hergestellt und zwar von beiden zwei verschiedene Sorten mit 0,5 und 1,5 % und vom

1) Walz, K., Arbeiten a. d. Gebiete der path. Anatomie von Baumgarten, Bd. III, 1899.

Agar aufserdem solches mit 1,0 % Kochsalz. In diesen Bouillonsorten züchtete ich die zu untersuchenden Bakterien einige Tage, damit sie dem neuen Nährmedium völlig angewöhnt seien. Danach wurden aus den verdünnten Bouillonkulturen Ösen genommen und zu Platten aus Agar von den drei verschiedenen Salzkonzentrationen verarbeitet. Die Verhältnisse waren also in jeder Reihe, vom Kochsalz abgesehen, völlig gleich. Wenn eine konstante Differenz zwischen den in den Platten derselben Serie aufgegangenen Kolonien zu finden war, mufste diese sich auf die ungleiche Kochsalzmenge beziehen.

Versuch VII.

Agarplatten von verdünnten Bouillonkulturen mit 0,5 % Kochsalz.

Einsaat	Agar mit 0,5 % Na Cl	Agar mit 1,0 % Na Cl	Agar mit 1,5 % Na Cl
B. coli	846	913	634
»	2204	2179	1645
B. typhi	929	853	832
»	1123	1075	1367
B. pyocyaneus	758	671	552
»	1450	1223	1126
B. Proteus	1529	1370	1400
»	2021	1648	1800
B. cholerae	127	15	0
»	7500	1783	85

Versuch VIII.

Agarplatten von verdünnten Bouillonkulturen mit 1,5 % Kochsalz.

Einsaat	Agar mit 0,5 % Na Cl	Agar mit 1,0 % Na Cl	Agar mit 1,5 % Na Cl
B. coli	4640	6260	6248
»	6416	8968	9112
B. typhi	1627	1784	1698
»	4570	4992	5563
B. pyocyaneus	4923	4578	4197
»	436	452	471
B. proteus	2210	2329	1978
»	1272	1160	1228
B. cholerae	388	441	32
»	8400	9784	3712

In diesen Versuchen ist jede Platte im ganzen gezählt worden einige bei Loupenvergröfserung nach Einteilen in kleine Felder mit feiner Feder.

Aus den Versuchen geht hervor, dafs der Choleravibrio weit empfindlicher ist als die übrigen Organismen, was ja auch früher bekannt war. Er wurde auch bei den folgenden Versuchen ausgeschlossen. Es wäre indes irrig, die Empfindlichkeit des Vibrio cholerae, welche der bedeutende Wegfall von auskeimenden Zellen der in der zweiten und dritten Spalte der Tabelle VII angegebenen Proben andeutet, nur auf die durch Osmose veränderten Druckverhältnisse zurückzuführen. Sonst würden bei der Einsaat aus der Bouillonkultur mit 1,5% Kochsalz die meisten Kolonien in Agarplatten mit 1,5% Kochsalz, die wenigsten in den Platten mit 0,5% aufgehen. Anstatt dessen sind, wie die Tabelle VIII zeigt, die meisten in den Platten mit 1,0% Kochsalz zu finden. Dies kann kein Zufall sein, denn alle Versuche mit Choleravibrio ergaben übereinstimmende Resultate. Der Befund ist offenbar so zu erklären, dafs Kochsalz schon in einer Menge von 1,5% auf das Wachstum des Choleravibrio ziemlich kräftig hemmend einwirkt. Bei der Versuchsanordnung, welche die Tabelle VII darstellt, wirken die Wachstumshemmung des Kochsalzes und die Plasmolyse zusammen, in der anderen Versuchsreihe aber ist das nicht der Fall. Agar mit 1,0% und 0,5% Kochsalz ist ein so bedeutend besserer Nährboden, dafs die Zahl der Zellen, welche dort mehr aufkeimen, reichlich den Verlust deckt, welcher durch Untergang infolge veränderter Druckverhältnisse entsteht. Auch betreffs der übrigen Organismen deuten einige Versuche in diese Richtung. Doch kann man daraus nicht eben viel schliefsen, weil für diese die Differenz offenbar zu klein ist, als dafs sie mit dieser nicht allzu genauen Methode bestimmt werden könnte. Die Wirkung der gröfseren Salzkonzentration ist im grofsen und ganzen nicht so stark, dafs sie völlig verdeckt werden kann von dem unvermeidlichen Unterschiede in der Gröfse der Einsaat. Der gröfste Teil der Differenz zwischen Plasma und Serum bezieht sich auf das Eiweifs. Betreffs Eiweifslösungen dürfte ein Unterschied von 1% keine nennenswerten

plasmolytischen Erscheinungen hervorrufen, was direkte Untersuchungen auch bewiesen haben. Der Gehalt des Blutes an Salzen aber ist kleiner als 1 % und die Hauptmasse besteht aus Kochsalz. Der Unterschied in dieser Hinsicht zwischen Plasma und Serum mufs also gerade deshalb sehr unbedeutend sein, weil durch die Gerinnung nicht Kochsalz sondern nur andere Salze dem flüssigen Teile des Blutes entzogen werden. Dafs das Plasma eine ein wenig konzentriertere Lösung als Serum ist, scheint mir also für die folgenden Untersuchungen unberücksichtigt bleiben zu können.

Hund.

Das Hundeblut gerinnt ziemlich langsam. Es gelingt auch ohne Schwierigkeit, das Blut dauernd flüssig zu halten bei einem Gehalt von nur 0,5 ‰ Kaliumoxalat, wenn es in paraffinierte Gefäfse aufgefangen und rasch abgekühlt wird. Das Plasma ist gewöhnlich ungefärbt; das Serum aber oft schwach rötlich.

Versuch IX.

Mittelgrofser, männlicher Rattenfänger. Ein Teil des Blutes wurde mit 1,0 per Mille Kaliumoxalat versetzt und sogleich centrifugiert. Das übrige wurde benutzt, um Serum zu bekommen. Nach 14 Stunden wurde das Serum abgenommen. Auch diesem wurde 1,0 per Mille Oxalat zugesetzt

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	2 Std.	8 Std.	12 St.	24 St.
2 ccm Oxalatplasma	B. anthracis	126	114	19 525	—	—
do.	»	124	87	17 172	—	—
do.	B. coli	3 712	66	3	2	5 914
do.	»	—	204	23	18	31 212
do.	B. typhi	13 165	43	1	0	2
2 ccm Serum mit 1,0 per Mille Kaliumoxalat	B. anthracis	117	155	16 744	—	—
do.	»	131	52	19 461	—	—
do.	B. coli	4 096	688	41	82	ca. 400 000
do.	»	—	2024	217	2436	∞
do.	B. typhi	15 264	1912	349	840	∞

Bemerkenswert ist, dafs betreffs des B. anthracis, der vom Hundeserum nicht beeinflufst wird, kein Unterschied zwischen

Plasma und Serum besteht. Dies stärkt auch die oben dargestellte Anschauung über die Wirkungsweise des Oxalats. Wo keine Alexinwirkung stattfindet, verhält sich das Oxalat wie im inaktiven Serum. Auf B. coli und B. typhi wirkt dagegen das Plasma viel stärker keimfeindlich als das Serum.

Versuch X.

Junge Hündin. Anordnung wie im vorigen Versuche. Das Serum wurde nach 18 Stunden abgenommen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Oxalatplasma	B. coli	4 579	452	1	3	34 344
do.	»	4 960	1210	6	2	13 737
do.	B. typhi	10 802	38	1	2	198
do.	»	9 094	50	7	10	91
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Oxalat	B. coli	4 380	410	16	208	∞
do.	»	4 770	228	12	352	∞
do.	B. typhi	12 248	244	8	33	∞
do.	»	10 048	315	21	384	∞

Auch hier ist das Plasma dem Serum überlegen und besonders betreffs B. typhi ist der Unterschied auffallend. Die baktericide Wirkung ist auch überhaupt gröfser auf den Typhoidbacillus als auf B. coli.

Versuch XI.

Hund, 3 Jahre alt. Das Plasma stammte aus Citratblut. Das Serum wurde nach 18 Stunden dem Gerinnsel entnommen, der Versuch aber wurde erst 2 Tage später angestellt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Citratplasma	B. coli	3 275	623	9 476	500 000
do.	»	2 989	744	14 182	∞
do.	B. typhi	55 704	7 632	133	515
do.	»	84 064	7 568	161	1 291
2 ccm Serum mit 1,0 p. m. Citrat	B. coli	2 734	1 838	400 000	∞
do.	»	3 625	2 257	500 000	∞
do.	B. typhi	ca. 50 000	10 638	165	1 049
do.	»	ca. 80 000	38 350	596	20 256

In diesem Versuche ist der Unterschied zwischen Plasma und Serum nicht sehr grofs, die baktericide Wirkung aber ist auch nicht stark.

Wie ich früher bemerkt habe, ist es mir nie gelungen, mit der Paraffinmethode ein Plasma zu gewinnen, das im Brutschrank nicht sofort völlig gerann. Auch gleichzeitiges Abkühlen beim Aufsammeln des Blutes gab kein haltbares Plasma. Nichtsdestoweniger ist dieses Verfahren zu benutzen, um zu entscheiden, ob das Plasma dem Serum in keimfeindlicher Wirkung nachstehe. Ist nämlich das Plasma, wie Gengou behauptet, weniger wirksam als das Serum, so mufs offenbar das aus diesem, von Leukocyten freien Plasma entstandene Serum geringere baktericide Wirkung besitzen als das bei der gewöhnlichen Blutgerinnung erhaltene.

Versuch XII.

Junge Hündin. Ein Teil Blut wurde in paraffinierten Gefäfsen aufgesammelt, rasch abgekühlt und bei ungefähr 0° C. centrifugiert. Das gewonnene Plasma wurde in den Brutschrank eingestellt, bis es geronnen war, was sofort eintrat. Aus dem Gerinnsel wurde die Flüssigkeit mit einem sterilen Glasstäbchen ausgeprefst. Im Gerinnsel waren bei mikroskopischer Untersuchung nur einzelne Leukocyten zu sehen. In der ausgeprefsten Flüssigkeit, welche kühl gestellt wurde, trat während der Nacht noch einmal Gerinnung ein. Das zum Vergleichen nötige Serum wurde auf gewöhnliche Weise nach 18 Stunden aufgesammelt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Serum aus Plasma	B. coli	4 897	2645	34 916	∞	—
do.	»	7 250	2925	135 715	∞	—
do.	B. typhi	11 829	300	7	45	∞
do.	»	8 704	362	2	34	∞
2 ccm Serum aus Blut	B. coli	5 157	2817	49 226	∞	—
do.	»	5 787	2556	118 487	∞	—
do.	B. typhi	9 031	332	23	41	∞
do.	»	10 875	636	119	504	∞

Das aus dem Plasma hergestellte Serum ist dem bei der gewöhnlichen Blutgerinnung entstandenen Serum völlig gleichwertig. Auch das Plasma mufs also ebenso wirksam gewesen

1) Gengou, a. a. O.

sein wie dieses letztere Serum. In der That ist es wahrscheinlich sogar noch wirksamer gewesen, wie ich später zeigen werde.

Beim Hunde scheint also das Plasma in betreff der Wirkung auf B. coli und B. typhi dem Serum deutlich überlegen zu sein. B. pyocyaneus und B. proteus sind gegen das Hundeblut überhaupt zu wenig empfindlich, als dafs ein Unterschied zwischen Plasma und Serum hervortreten könne.

Kaninchen.

Kaninchenserum und Plasma sind beide fast ungefärbt, können teils klar, teils schwach trüb sein. Im letzteren Falle werden sie im Brutschrank bisweilen klar, wobei der im Plasma entstandene Niederschlag sich zu einem kleinen Klümpchen zusammenballt.

Versuch XIII.

Mittelgrofses Kaninchen. Ein Teil des Blutes wurde mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat versetzt und zum Gewinnen von Plasma benutzt. Aus dem anderen Teile wurde Serum gewonnen, das nach 18 Stunden aufgesammelt wurde.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	24 St.	36 St.
2 ccm Kaliumoxalatplasma	B. coli	564	1	0	0	0
do.	»	628	0	0	0	0
do.	B. typhi	54 189	0	0	18	—
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat	B. coli	604	3	1	2 353	∞
do.	»	640	10	0	0	1208
do.	B. typhi	50 000	64	31	271 737	—

Die Überlegenheit des Plasmas ist offenbar.

Versuch XIV.

Kleines Kaninchen. Anordnung wie im vorigen Versuche. Das Serum war 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm Kaliumoxalatplasma	B. pyocyan.	203	227	1 723
do.	»	258	233	1 208
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Oxalat	»	200	970	12 904
do.	»	157	272	7 664

Auch B. pyocyaneum, betreffs dessen eine eigentliche bakterielle Wirkung in diesem Versuche nicht zu bemerken ist, wird in seinem Wachstum von Plasma weit mehr gehemmt als von Serum.

Versuch XV.

Kaninchen. 30 ccm Blut wurden in soviel Natriumoxalatlösung aufgenommen, dafs es davon 0,8 ‰ enthielt, und danach sogleich centrifugiert. Das übrige Blut wurde zum Gewinnen von Serum benutzt, das nach 18 Stunden dem Gerinnsel entnommen wurde.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Natriumoxalat-plasma sofort	B. coli	756	6	0	0	1
do.	»	711	4	0	7	23
do.	B. typhi	69 324	106	1	1	18
do.	»	78 228	1850	1	0	8
do.	»	ca. 70 000	667	2	1	15
do.	B. pyocyan.	2 289	1272	2480	4 324	15 576
do.	»	1 836	1081	3116	9 858	38 980
2 ccm Serum mit 0,8 ‰ Natriumoxalat	B. coli	875	23	70	6 328	∞
do.	»	636	29	8	90	9 667
do.	B. typhi	ca. 70 000	88	82	468	∞
do.	»	ca. 70 000	2136	18	91	∞
do.	»	ca. 70 000	1564	113	146	∞
do.	B. pyocyan.	2 098	1653	7186	17 362	273 328
do.	»	1 748	1435	8840	26 330	∞

Das Resultat stimmt mit dem vorigen völlig überein. Der Unterschied zwischen Plasma und Serum ist betreffs der empfindlichen Organismen B. coli und B. typhi grofs. Ist die Alexinwirkung aber schwach wie gegen B. pyocyaneum, so mufs selbstverständlich auch der Unterschied kleiner werden.

Versuch XVI.

Grofses Kaninchenweibchen. Das für das Gewinnen von Plasma bestimmte Blut wurde in Citratlösung aufgesammelt. Das Serum wurde nach 24 Stunden aufgenommen und mit Citratlösung versetzt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 St.	24 St.
3 ccm Citratplasma	B. coli	3 763	1 484	19 762	24 160	—
do.	B. typhi	14 310	27	0	0	1

Fortsetzung zu Versuch XVI.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std
3 ccm Citratplasma	B. pyocyan.	1 404	1 176	18 126	32 617	—
do.	B. proteus	24 040	17 680	64 108	—	—
3 ccm Serum mit 4,0 ‰ Citrat	B. coli	3 512	2 480	300 000	∞	—
do.	B. typhi	18 200	1 828	231	1 948	ca. 350 000
do.	B. pyocyan.	1 640	3 561	110 000	∞	—
do.	B. proteus	21 515	40 068	128 000	—	—

Auch in diesem Versuche ist das Plasma dem Serum überlegen. Die Einsaat ist ziemlich grofs, die des B. typhi ausgenommen, und deshalb ist die baktericide Wirkung nicht besonders hervortretend. Im Plasma ist jedoch die Bakterienzahl nach 4 Stunden überall gesunken, während im Serum derselben Zeit B. pyocyaneum und B. proteus sich bedeutend vermehrt haben.

Gegen den Milzbrandbacillus wirkt das Oxalatplasma ebenfalls stärker baktericid als das Serum mit Oxalat.

Versuch XVII.

Kaninchen. Kaliumoxalatplasma. Das Serum wurde nach 20 Stunden aufgenommen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.
2 ccm Oxalatplasma	B. anthracis	54	0	592
do.	»	119	0	10 494
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Oxalat	»	66	648	∞
do.	»	113	1280	117 484

Daraus kann man aber nichts folgern. Wie bei den anderen Organismen das Oxalat das verstärkende Agens zu sein scheint, so ist es wahrscheinlich für den Milzbrandbacillus das abschwächende. Das Serum enthält mehr überschüssiges Oxalat als das Plasma. Die schwächere, keimfeindliche Wirkung würde

also nur davon herrühren können. Überdies würde eine Änderung in der baktericiden Wirkung gegen nur eine Bakterie schwer verständlich sein, wenn die Wirkung auf diese demselben Stoffe zuzuschreiben wäre, der gegen die übrigen wirksam ist. Das Kaninchenserum besitzt aber, wie wir gleich sehen werden, mehrere baktericide Stoffe.

Die Ergebnisse der bis jetzt angeführten Versuche widersprechen denen von Gengou völlig, obwohl sie teilweise mit denselben Blutsorten angestellt sind. Zu bemerken ist aber, dafs Gengou für seine Versuche meistens den Choleravibrio und den Milzbrandbacillus benutzt hat. Ich habe absichtlich beide vermieden. Der Choleravibrio ist, wie vorher angeführt, viel zu empfindlich, als dafs man den Einflufs der Konzentrationsschwankungen sicher ausschliefsen könnte. Betreffs des Milzbrandbacillus ist zu bemerken, dass er erstens für baktericide Versuche überhaupt sehr wenig geeignet ist, wie schon z. B. Wilde[1]) hervorgehoben hat. Zufolge seiner Neigung, sofort zu Boden zu sinken, entzieht er sich gewissermafsen der Wirkung der Alexine und wegen seiner Eigenschaft, lange Fäden zu bilden, entspricht die Kolonienzahl der Platte bei weitem nicht der Menge der Individuen in der verarbeiteten Serumprobe. Gegen das Kaninchenserum verhält er sich weiter ganz anders als andere Organismen, so dafs man nicht ohne weiteres die damit erhaltenen Ergebnisse verallgemeinern darf. Das Absterben tritt ganz momentan ein und die baktericide Wirkung auf Milzbrandbacillen wird nicht, wie Bonaduce[2]) und Walz[3]) zuerst beobachtet haben, durch halbstündiges Erwärmen bei + 55° C. wie die auf andere Organismen aufgehoben. Wilde nimmt deshalb an, dafs beim Kaninchen aufser den Alexinen noch ein dem Milzbrandbacillus schädliches Agens existiere, das bei + 55° C. nicht zerstört wird. Mit dieser Annahme stimmt auch der folgende Versuch überein.

1) Wilde, M., Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 37, 1901.

2) Bonaduce, S., Beiträge z. pathol. Anatomie etc. von Ziegler, Bd. 12, 1893.

3) Walz, K., Arbeiten aus dem Gebiete der path. Anatomie, Bd. III, 1899, S. 32.

Versuch XVIII.

Kaninchen. Das nach 18 Stunden aufgenommen Serum wurde in drei Teile geteilt. Zu dem einen wurde eine 12stündige Agarkultur von Milzbrandbacillen zugesetzt und gut verteilt. Der zweite Teil wurde mit einer gleich alten, durch Hitze abgetöteten Kultur versetzt. Nach Aufbewahren über Nacht bei 0° C. wurde das bacillenhaltige Serum centrifugiert. Von allen Sera wurden Versuche mit aktivem und mit ½ Stunde bei + 55° C. inaktiviertem Serum angestellt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	24 Std.
2 ccm gew. Serum, aktiv	B. anthracis	173	0	0	0
do. »	»	218	0	0	0
do. inaktiv	»	378	0	0	18
do. »	»	564	0	0	0
2 ccm mit getöteten Milzbrandbac. vorbeh. Serum, aktiv	»	674	0	0	0
do. »	»	1396	0	1	0
do. inaktiv	»	731	2	628	∞
do. »	»	—	—	—	—
2 ccm mit lebenden Milzbrandbac. vorbeh. Serum, aktiv	»	826	0	0	0
do. »	»	1876	1	0	0
do. inaktiv	»	648	8	1832	∞
do. »	»	1258	67	2496	∞

Durch Kontrollplatten wurde festgestellt, dafs das mit lebenden Bacillen vorbehandelte Serum durch das Centrifugieren wirklich von diesen befreit worden war. Das fast momentane Absterben macht sich sehr deutlich geltend in dem gewöhnlichen Serum. Die Einsaat war nämlich in den entsprechenden Proben gleich grofs, ein bezw. zwei Tropfen einer Bouillonaufschwemmung. Das mit Milzbrandbacillen vorbehandelte aktive Serum weicht bei dieser kurzen Beobachtungszeit und mäfsiger Einsaat, von dem gewöhnlichen nicht ab. Im inaktiviertem Zustande ist aber der Unterschied grofs. Offenbar haben die Milzbrandbacillen schon bei 0°C. den gröfsten Teil der wärmebeständigen baktericiden Körper absorbiert. In dieser Hinsicht weicht dieser Körper von den gewöhnlichen Alexinen auch ab. Wie Wilde[1])

1) Wilde, M., Über die Absorption der Alexine durch abgetötete Bakterien. Berl. klin. Wochenschr., 1901.

gezeigt hat, werden die Alexine bei 0° C. wenigstens von getöteten Bakterien nicht absorbiert. Nach dem oben Angeführten ist es wohl kaum möglich, Gengou beizustimmen, dafs das Zugrundegehen des Milzbrandbacillus im Kaninchenserum nur durch das Serumalexin hervorgerufen wäre.

Aus dem Verhalten des Kaninchenserums gegen den Milzbrandbacillus dürfte man betreffs der Beziehung dieses Serums zu anderen Organismen nicht allzuviel folgern können. Auch Gengou bemerkt, dafs er viel öfter einen Unterschied gefunden hat zwischen Serum und Plasma in der baktericiden Wirkung gegen den Milzbrandbacillus als gegen den Choleravibrio, die Coli- und Typhibacillen. In mehreren Versuchen war sogar der Choleravibrio ebenso rasch im Plasma als im Serum untergegangen.

Wäre die Annahme Gengous zutreffend, dafs die Alexine erst nach der Blutgerinnung von den Leukocyten dem Serum abgegeben werden, würde man natürlicherweise erwarten, dafs beim Stehen des Blutes auch dem Plasma Alexin abgegeben wird. Um zu sehen, ob vielleicht die keimfeindliche Wirkung des Plasmas beim Stehen des Blutes erhöht wird, habe ich sofort abcentrifugiertes Plasma mit solchem nach 24 Stunden verglichen.

Versuch XIX.

Junger Hund. Kalium-Oxalatplasma.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Plasma sofort	B. coli	6 232	2272	107	2861
do.	»	5 787	1318	26	7504
do.	B. typhi	13 356	354	25	0
do.	»	17 044	1500	24	0
do.	B. pyocyan.	947	1278	6 042	—
do.	»	1 004	884	7 836	—
2 ccm Plasma nach 24 Stunden	B. coli	7 886	1768	30	∞
do.	»	5 660	1621	8	∞
do.	B. typhi	14 700	1296	148	142
do.	»	15 836	1068	296	868
do.	B. pyocyan.	1 017	979	12 020	—
do.	»	890	871	10 303	—

Die baktericide Wirkung des Plasmas sinkt offenbar allmählich während des Stehens des Blutes, obwohl die Leukocyten unzweifelhaft auch in dem flüssigen Blute allmählich absterben, und, nach Gengou, eine Abgabe von Alexinen also stattfinden müsste. Durch diese Verminderung der keimfeindlichen Wirkung des Plasmas ist freilich nicht bewiesen, dafs ein Austreten von Alexinen nicht vorkomme, jedenfalls aber, dafs es kleiner sein mufs, als dafs die fortgehende Abschwächung der Alexine dadurch ausgeglichen würde.

In betreff des Hundes und des Kaninchens kann ich Gengou betreffs seiner Ansicht über die Beziehung des Serums zum Plasma nicht beistimmen. In meinen Versuchen war die keimfeindliche Wirkung des Plasmas immer gröfser als die des Serums. Wodurch wird aber diese Abschwächung beim Gerinnen hervorgerufen? Die Möglichkeit liegt ja sehr nahe, dafs bei und nach der Gerinnung Stoffe aus den Zellen in das Serum austreten können, welche das letztere zu einem für die Bakterien weit besseren Nährboden machen als das Plasma. Die roten Blutkörperchen dürften solche Körper enthalten. Buchner fand bei seinen grundlegenden Untersuchungen, dafs das Blut, nicht aber das Serum, beim Gefrieren seine keimfeindlichen Eigenschaften verlor. Im Einklang mit dieser Thatsache steht offenbar die früher erwähnte Beobachtung betreffs des Seifeplasmas. In beiden Fällen deutet das Austreten des Hämoglobins aus den roten Blutkörperchen auf eine starke Beschädigung der Zellen hin. Wie ich früher erwähnt habe, ist das Serum im Vergleich mit dem Plasma gewöhnlich ein wenig stärker gefärbt. Dafs diese Färbung von gelöstem Hämoglobin herrührt, ist nicht zu bezweifeln. Kann aber das Hämoglobin aus den Blutkörperchen austreten, so dürfte auch anderen Stoffen kein Hinderniss im Wege stehen.

Es war also zunächst zu untersuchen, ob die bakterienfeindliche Wirkung des Serums dadurch vermindert wird, dafs es weit länger in Berührung mit dem Blutkörperchen ist, als das von den übrigen Blutbestandteilen sogleich getrennte Plasma, oder ob das Serum schon von Anfang an dem Plasma nachsteht.

Versuch XX.

Grofses Kaninchen. Die Gefäfse blieben nach der Blutentnahme in schiefer Lage, wurden gleich nach der Gerinnung aufrecht gestellt und das nach $2^1/_2$ Stunden ausgetretene Serum aufgenommen. Danach wurden die Gefäfse wieder schief gelegt. Nach 42 Stunden wurde das übrige Serum entnommen, nachdem kurz vorher das Blutgerinnsel von der Wand gelöst worden war.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std.
3 ccm Serum nach $2^1/_2$ Stunden	B. coli	802	119	477	4 048	∞
do.	B. typhi	27 856	62	153	896	—
do.	B. pyocyan.	3 482	26 330	—	—	—
do.	B. proteus	6 297	7	0	2	2240
3 ccm Serum nach 42 Stunden	B. coli	1 009	464	5088	22 800	∞
do.	B. typhi	24 384	704	1188	7 632	—
do.	B. pyocyan.	2 925	22 323	—	—	—
do.	B. proteus	5 914	6	1	4	1130

Dafs eine Verschlechterung desjenigen Serums stattgefunden hat, das mit dem Gerinnsel in Berührung gewesen war, ist betreffs B. coli und B. typhi offenbar. Dasselbe Verhältnis zeigt, B. typhi betreffend, der folgende Versuch.

Versuch XXI.

Kaninchen. $1^1/_2$ Stunden nach dem Entbluten wurde das ausgeschiedene Serum aufgenommen, das übrige nach 16 Stunden.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	24 Std.	36 Std.
3 ccm Serum nach $1^1/_2$ Stunden	B. typhi	4 978	8	0	5	22
do.	»	18 126	54	0	1	—
3 ccm Serum nach 16 Stunden	»	5 724	12	1	116	∞
do.	»	21 178	780	6	17 744	—

Ähnlich verhielten sich weitere Versuche, wenn es sich um B. coli und B. typhi handelte. Die übrigen zeigten keinen deutlichen Unterschied. Dies scheint anzudeuten, dafs schon bei der Gerinnung die keimfeindliche Wirkung des flüssigen Teils des Blutes vermindert werden kann.

Es liefse sich auch denken, dafs dieser Unterschied zwischen Plasma und Serum, wenigstens teilweise, dadurch entstanden sein

könne, dafs in Berührung mit dem Blutkuchen die keimfeindlich wirkenden Körper dem Gerinnsel anhaften. Um zu sehen, ob der Faserstoff die Eigenschaft besitzt, das Alexin zu absorbieren, wurden folgende Versuche angestellt.

Versuch XXII.

Hund. Sofort nach dem Centrifugieren des Kaliumoxalatblutes wurde zu einem Teile des Plasmas von einer 6 proz. $CaCl_2$-Lösung die dem zugefügten Oxalate äquivalente Menge Chlorkalcium zugesetzt. Nach dem Gerinnen des Plasmas, das sehr rasch eintrat, wurde mit einem Glasstäbchen das Serum aus dem Gerinnsel sorgfältig ausgeprefst. Das so erhaltene Faserstoffgerinnsel übertrug ich in eine Portion Oxalatplasma desselben Tieres. Nach 36 Stunden wurde dieses Plasma mit nicht vorbehandeltem Plasma verglichen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.
2 ccm Plasma	B. coli	3432	781	26	148
do.	»	3328	798	11	95
2 ccm mit Fibrin behandeltes Plasma	»	3984	2256	748	2439
do.	»	6200	325	140	4340

Eine Verminderung in der keimfeindlichen Wirkung des Plasmas, das mit dem Fibrin in Berührung war, ist eingetreten. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs diese dadurch entstanden ist, dafs das Faserstoffgerinnsel dem Plasma einen Teil des Alexins entnommen hat. Würde die Sache sich so verhalten, dürfte man sicherlich auch annehmen, dafs gerade im Gerinnungsaugenblicke das Mitreifsen dieser Körper am gröfsten sein würde. Jedenfalls dürfte der frisch entstehende Faserstoff mehr Alexin absorbieren als der im vorigen Versuche benutzte, welcher nach dieser Anschauung bereits vorher mit Alexin beladene war.

Setzt man zu dem abcentrifugierten Oxalatplasma sofort die dem Oxalate entsprechende Menge $CaCl_2$ zu, so gerinnt es meistenteils sehr rasch, und gewöhnlich vollständig. Läfst man das Plasma einige Zeit kühl stehen, so entsteht, wie gesagt, ein geringer Niederschlag. Nach dem Entfernen dieses Niederschlages kann dagegen, wie Hammarsten[1]) hervorgehoben hat, dieselbe

1) Hammarsten, a. a. O.

Menge Chlorkalcium zugesetzt werden, ohne dafs Gerinnung eintritt. Durch das Vergleichen dieses Plasmas mit dem Serum aus dem geronnenen Plasma, kann man auch entscheiden, ob der Faserstoff das Alexin mitreisst und das Serum also an bakterienfeindlichen Körpern ärmer ist als das Plasma.

Versuch XXIII.

Kaninchen. Natriumoxalatplasma mit 0,84 ‰ Oxalat. Dem einen Teile des Plasmas wurde sogleich nach dem Centrifugieren 1 % einer 6 proz. $CaCl_2$-Lösung zugesetzt. Das Gerinnen wurde durch Einstellen, einige Minuten, im Brutschranke beschleunigt. Nach 36 Stunden wurde das Serum ausgeprefst und gleichzeitig auch der andere Teil des Plasmas mit der gleichen Menge von $CaCl_2$ versetzt. In dieser Probe entstand keine Gerinnung.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.	24 Std.
2 ccm Oxalatplasma mit $CaCl_2$	B. coli	812	68	0	76	123 561
do.	»	952	21	1	0	84
do.	B. pyocyan.	120	41	334	1 051	140 000
do.	»	105	38	596	1 106	150 000
2 ccm Serum aus Oxalatplasma	B. coli	740	384	432	3 243	∞
do.	»	756	372	364	4 706	∞
do.	B. pyocyan.	109	155	2671	10 748	∞
do.	»	107	208	4134	26 902	∞

Das Resultat dieses Versuches stimmt mit dem vorigen völlig überein. Das einzige Moment, das eine Verminderung der baktericiden Wirkung hervorgerufen haben kann, ist das Ausscheiden des Faserstoffes und der mit diesem folgenden Salze. Sonst sind die Flüssigkeiten gleich. Der Unterschied läfst sich kaum auf andere Weise erklären, als dafs der Faserstoff einen Teil der keimfeindlich wirkenden Körper mitgerissen hat.

Am besten gelingt dieses Verfahren mit Hundeblut. Beim Kaninchen ist es schon schwieriger und noch nach 2 Tagen gerinnt das Plasma beim $CaCl_2$-Zusatz bisweilen. Die Kaninchenalexine sind aber gegen die von mir benutzten Bakterien wirksamer als die des Hundes, und der Unterschied zwischen Plasma und Serum wird deshalb gröfser als beim Hunde.

Bei seinen Untersuchungen hat Gengou[1]) das Blut in paraffinierte Gefäfse aufgenommen und centrifugiert. Das auf diese Weise gewonnene Plasma gerann immer 4—5 Stunden nach dem Entbluten und später noch zwei- bis dreimal. Die so erhaltene Flüssigkeit wurde als Vertreter des Plasmas benutzt, da »sie von dem normalen Plasma weniger abweicht als das gewöhnliche Serum«. Es kann wohl in Zweifel gezogen werden, ob nicht diese Flüssigkeit, die selbstverständlich als Serum aufzufassen ist, wenigstens in gewissen Beziehungen von dem normalen Plasma noch mehr abweicht als das bei der Blutgerinnung entstandene Serum. Besitzt wirklich das Fibrin die Fähigkeit, die Alexine mitzuschleppen, wie die oben angegebenen Versuche anzudeuten scheinen, so ist es höchst wahrscheinlich, dafs durch wiederholte Gerinnungen davon mehr mitgerissen wird als durch eine einzige. Übrigens bilden sich, nach meinen Erfahrungen, in solchem von Fibrinogen nicht ganz freien Serum, oft kleine, zusammengeballte Faserstoffgerinnsel. Dadurch können dem bekannten Wattebauschversuche von Buchner sehr ähnliche Verhältnisse hervorgerufen werden.

Aufser den oben erwähnten Blutsorten sind auch Rinder- und Pferdeblut der Untersuchung unterzogen worden. Einige Versuche wurden auch mit Katzen- und Hammelblut angestellt.

Rinder-, Pferde- und Hammelblut wurden beim Schlachten in die sterilisierten Gefäfse aufgefangen, nachdem ein bedeutender Teil des Blutes dem Tiere bereis entzogen war. Jedes Berühren der Haare und der Gefäfse wurde sorgfältig vermieden. Selbstverständlich genügen diese Vorsichtsmafsregeln nicht, um wirklich steriles Blut zu bekommen. Die Verunreinigung dürfte jedoch sehr unbedeutend sein. Unzweifelhaft werden aufserdem die meisten eingeführten Keime entfernt; aus dem Plasma durch das Centrifugieren und aus dem Serum dadurch, dafs sie in dem Blutgerinnsel eingeschlossen werden, wie v. Székely und Szana[1]) beobachtet haben. Das Blut habe ich regelmäfsig nur einen oder höchstens zwei Tage aufbewahrt und immer bei kühler

1) Gengou, a. a. O.

2) Székely, v. und Szana, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. XII, 1892.

Temperatur. Eine Vermehrung der Keime dürfte deshalb ausgeschlossen sein. Ich glaube auch nicht, dafs die einzelnen Keime, welche das Plasma bezw. Serum von vornherein vielleicht enthielt, bei der Einsaat einer grofsen Menge Bakterien eine Fehlerquelle bilden können.

Das Rinderplasma wird erst nach langem Centrifugieren abgeschieden. Es ist strohgelb; das Serum aber ist mehr oder weniger rötlich. Beide sind meistens klar. Pferdeplasma ist äufserst leicht zu gewinnen. Schon beim Stehen bildet sich in etwa zwei Stunden eine mächtige Plasmaschicht. Es ist strohgelb, auch nach längerem Stehen des Blutes. Wird es gleich nach dem Entbluten abcentrifugiert, so ist es oft leicht trübe. Läfst man solches Plasma eine Nacht über stehen, oder wird das Blut erst nach dieser Zeit centrifugiert, so bekommt man eine völlig klare Flüssigkeit. Im ersteren Falle entsteht ein geringer Niederschlag. Das Serum ist immer klar. Anfangs hat es, mit dem Plasma verglichen, nur einen schwach rötlichen Teint, wird aber beim Stehen bald rotgelb.

Versuch XXIV.

Das Plasma wurde aus Kaliumoxalatblute sofort abcentrifugiert, das Serum nach 18 Stunden aufgesammelt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12 Std.	24 Std.
5 ccm Oxalatplasma	B. coli	922	132	∞	—
do.	»	2796	1174	∞	—
do.	B. typhi	1638	223	∞	—
do.	»	1952	107	∞	—
5 ccm Serum ohne Oxalat	B. coli	927	448	85	∞
do.	»	2246	912	208	∞
do.	B. typhi	1170	16	12	1
do.	»	1588	65	19	4
5 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	B. coli	1165	72	1	51
do.	»	2272	102	6	170
do.	B. typhi	1030	1	0	0
do.	»	1805	1	0	0

Das Plasma steht in diesem Versuche nicht nur dem Serum mit Oxalat, sondern auch dem ohne Oxalat bedeutend nach, obwohl das Oxalat die Alexinwirkung verstärkt, wie oben gezeigt

ist, und, wenigstens B. coli betreffend, auch aus diesem Versuche hervorgeht. Das Serum mufs also dem normalen Plasma noch mehr überlegen sein als diesem oxalathaltigen. Auch bei Hammel und Katze wirkt das Serum oft deutlich stärker baktericid als das Plasma.

Versuch XXV.

Hammel. Das Plasma wurde sofort aus Kaliumoxalatblute abcentrifugiert. Das Serum wurde aufgenommen, sobald die genügende Menge ausgeprefst war.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.
5 ccm Oxalatplasma	B. coli	1960	54	177	6 342
do.	»	4633	88	592	11 000
do.	B. typhi	754	22	223	8 331
do.	»	2236	70	949	43 000
do.	Staphylococcus aur.	1880	1064	2664	22 000
5 ccm Serum ohne Oxalat	B. coli	2000	140	37	1 344
do.	»	5088	939	78	1 006
do.	B. typhi	778	0	0	9
do.	»	1945	0	0	24
do.	Staphylococcus aur.	1732	1592	2724	7 632

Versuch XXVI.

Alte Katze. Das zum Gewinnen von Plasma bestimmte Blut wurde in paraffinierte Gefäfse aufgenommen, mit 2,0 ‰ Kaliumcitrat versetzt und sofort centrifugiert. Das Serum wurde nach 16 Stunden abgenommen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Paraffinplasma mit 2,0 ‰ Kaliumcitrat	B. coli	618	53	2798	4795	—
do.	»	504	79	1717	8013	—
do.	B. typhi	25 758	24	0	0	14 882
do.	»	ca. 25 000	21	1	0	5 724
2 ccm Serum ohne Citrat	B. coli	619	520	623	636	—
do.	»	414	408	24	11	—
do.	B. typhi	ca. 25 000	20	0	0	0
do.	»	ca. 25 000	42	0	0	0

Die Versuche deuten dahin, dafs bei diesen Blutsorten nach dem Entbluten keimfeindliche Stoffe von den Leukocyten abge-

sondert werden. Die Abgabe findet aber nicht nur im geronnenen Blute statt, sondern auch, wenn das Gerinnen verhindert wird.

Versuch XXVII.

Rinderblut. Aus dem Kaliumoxalatblute wurde teils sofort, teils nach 20 Stunden Plasma abcentrifugiert. Das Blut war während der Zeit kühl aufbewahrt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12 Std.	24 Std.
5 ccm Plasma, sofort	B. coli	2800	705	1668	∞
do.	»	5273	1834	2172	∞
do.	B. typhi	1185	150	3672	25 000
do.	»	4272	290	6805	45 000
do.	B. pyocyan.	1508	1214	1079	∞
do.	»	3278	1893	298	∞
5 ccm Plasma, nach 20 Stunden	B. coli	2560	298	17	?
do.	»	5660	672	467	∞
do.	B. typhi	1032	11	4	23
do.	»	3276	53	15	145
do.	B. pyocyan.	1467	727	40	5 215
do.	»	3180	1496	115	10 796

Die Wirkung des sofort gewonnenen Plasmas ist sehr schwach, sogar der ziemlich empfindliche B. typhi hat sich bei dieser kleinen Einsaat schon nach 12 Stunden vermehrt.

Durch künstliche Vermehrung der Leukocyten des Blutes kann die Wirkung des Plasmas während des Stehens noch mehr erhöht werden.

Versuch XXVIII.

Rinderblut mit Kaliumoxalat. Die aus dem sofort centrifugierten Blute erhaltene Leukocytenschicht wurde einer neuen Portion Blut zugesetzt. Nach 20 Stunden wurde sowohl aus diesem leukocytenreichen als aus gewöhnlichem Blute Plasma abcentrifugiert.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	20 Std.	48 Std.
5 ccm Plasma nach 20 Stunden	B. coli	1328	5	8	1264
do.	»	2544	21	9	3936
5 ccm Plasma aus leukocytenreichem Blute nach 20 Stunden	»	1496	33	1	44
do.	»	2988	115	1	77

Bei diesen Tieren würde also das Serum gewissermaſsen in der Beziehung zum Plasma stehen, die Gengou behauptet. Es ist aber zu bemerken, daſs dieses Verhältnis gar kein regelmäſsiges ist. Im Gegenteil wirkt das Plasma oft deutlich stärker baktericid als das Serum.

Versuch XXIX.

Kuh. Plasma aus Blut mit 1,0‰ Kaliumoxalat. Das Serum wurde nach 20 Stunden aufgenommen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	12 Std.	24 Std.
5 ccm Plasma sofort	B. coli	4568	0	19	136
do.	»	2954	1260	24	9 794
5 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	»	3784	139	408	125 000
do.	»	3800	3664	11 578	ca. 150 000

In diesem Versuche sind im Serum entweder keine Alexine aus den Leukocyten ausgetreten, oder nur in so geringer Menge, daſs ihre Wirkung durch abschwächende Momente völlig aufgehoben ist. Auch in diesen Sera machen sich selbstverständlich die vorher angeführten, die baktericide Serumwirkung abschwächenden Momente geltend, nämlich das Austreten guter Nährstoffe aus den Blutkörperchen und das Absorbieren des Alexins durch den Faserstoff. Es ist auch sehr gewöhnlich, daſs das Serum während des Aufbewahrens seine baktericide Wirkung einbüſst, wie früher betreffs Kaninchenblutes nachgewiesen ist.

Versuch XXX.

Rind. Ungefähr 2 Stunden nach dem Entnehmen wurde das aus dem schief erstarrten Blute ausgepreſste Serum aufgenommen und centrifugiert. Nach 20 Stunden wurde wieder Serum aufgesammelt, das auch centrifugiert wurde.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12 Std.
5 ccm Serum nach 2 Stunden	B. coli	2578	632	1 000
do.	»	4954	1115	2 609
do.	B. typhi	1210	46	1 314
do.	»	2875	56	2 925
5 ccm Serum nach 20 Stunden	B. coli	2750	739	7 695
do.	»	5528	1380	12 000
do.	B. typhi	1137	28	7 314
do.	»	2920	96	16 400

Der Unterschied zwischen den beiden Sera ist freilich nicht sehr grofs, er kann bisweilen wesentlich gröfser sein, der Versuch aber ist jedoch wiedergegeben, weil er zeigt, dafs während des Aufbewahrens des Blutes die baktericide Wirkung des Serums abgeschwächt werden kann, während die des Plasmas bedeutend erhöht wird. Die Tabelle entspricht nämlich einem Teile einer Versuchsreihe, aus der ein anderer Teil als »Versuch XXVI« herausgenommen ist. Es ist aber gar nicht regelmäfsig, dafs die Wirkung des Plasmas verstärkt wird. Anstatt dessen kann sie während des Stehens des Blutes abgeschwächt werden, gewöhnlich aber nicht sehr bedeutend in der ersten Zeit. Im letzteren Falle steht also das Serum in derselben Beziehung zum Plasma wie beim Hunde.

Es dürfte nicht geleugnet werden, dafs nach dem Entbluten im Rinder-, Hammel- und Katzenblute Alexin in genügend grofser Menge von den Leukocyten abgegeben werden kann, und dafs dann die von den Blutkörperchen befreite Flüssigkeit, Plasma oder Serum, stärker keimfeindlich wirken mufs als das normale Plasma. Dafs dies nicht immer zutrifft, ist ebenso offenbar. Es scheint, als ob bei Rind, Hammel und Katze die Leukocyten aufserhalb des Tierkörpers, wenigstens bisweilen, ihr Alexin leichter abgeben, als, nach meinen Untersuchungen zu schliefsen, sie es beim Hund und Kaninchen thun. Auch beim Pferde scheint die Alexinwirkung im Serum bisweilen erhöht werden zu können. Das Gerinnen des Pferdeblutes kann ohne Schwierigkeit lediglich durch rasches Abkühlen verhindert werden und die Blutkörperchen werden aufserdem in sehr kurzer Zeit beim Centrifugieren abgeschieden. Deshalb ist dieses Blut sehr geeignet, um zu entscheiden, ob das natürliche Plasma wirklich keimfeindlich wirkt.

Versuch XXXI.

Altes Pferd. Eine kleine Menge Blut wurde in einen, im Eiswasser stehenden Glascylinder aufgenommen. In diesen wurde ein zweiter, schmälerer, mit Eis gefüllter Cylinder hineingesteckt. Die Flächen der Cylinder, die in Berührung mit dem Blute kamen, waren mit flüssigem Paraffin bestrichen. Nach dem Abkühlen wurde das Blut sofort centrifugiert. Das gewonnene

Plasma wurde in den Brutschrank gestellt, bis es geronnen war, was sehr rasch eintrat. Nachher wurde es kühl aufbewahrt und das daraus erhaltene Serum mit gewöhnlichem, nach 18 Stunden entnommenen verglichen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Serum aus Plasma	B. typhi	7632	145	46	116	115 477
do.	»	5533	98	4	122	1 653
2 ccm Serum aus Blut	»	7123	109	3	4	729
do.	»	6105	102	14	29	99 760

Obwohl das auf gewöhnliche Weise erhaltene Serum ein wenig stärker keimfeindlich wirkt als das aus Plasma stammende, ist auch dieses letztere eine ziemlich wirksame baktericide Flüssigkeit. Nach dem vorher Gesagten, betreffs der Beziehung des Faserstoffs zum Alexine, mufs das natürliche Plasma noch wirksamer gewesen sein. Es stand also wohl dem gewöhnlichen Serum nicht nach. In jedem Falle ist es offenbar keine, des Alexins völlig entbehrende Flüssigkeit gewesen.

Aus dem Ergebnisse dieser Untersuchung dürfte man folgern können:

Auch das Plasma des kreisenden Blutes enthält keimfeindliche Stoffe (Alexin).

Nach dem Austreten des Blutes aus dem Tierkörper kann die baktericide Wirkung sich ändern und zwar bald erhöht und bald vermindert werden.

Die Menge des Alexins kann dadurch vergröfsert werden, dafs Alexin aus den Leukocyten austritt.

Die Alexinmenge des Serums kann dadurch verkleinert werden, dafs der Faserstoff Alexin absorbiert. Die Alexinwirkung kann durch Entstehen besserer Ernährungszustände für die Bakterien abgeschwächt werden, indem gute Nährstoffe aus den Blutkörperchen austreten.

Im Blute gewisser Tiere erscheint die Abgabe von Alexin seitens der Leukocyten aufserhalb des Körpers gewöhnlich so klein

zu sein, dafs das Serum in baktericider Wirkung dem Plasma nachsteht.

Bei anderen Tieren kann dagegen nach dem Entbluten bisweilen eine so grofse Menge von Alexin aus den Leukocyten austreten, dafs die durch die abschwächenden Momente hervorgerufene Verminderung der baktericiden Wirkung nicht nur ersetzt wird, sondern dafs sogar eine Erhöhung derselben entsteht.

Das in gewöhnlicher Weise entstandene Serum soll, um dem normalen Plasma in baktericider Wirkung zu entsprechen, sobald als möglich dem Blutgerinnsel entnommen werden.

Upsala, April 1902.

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. A. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

DREIUNDVIERZIGSTER BAND. 2. HEFT.

MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1902.

Inhalt.

In dem nächsten Hefte folgen:

Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds durch allseitigen künstlichen Innenwind. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Über den Einflufs der Lufttemperatur auf die Desinfektionswirkung des Formaldehyds. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Studien zur relativen Photometrie. Vom Dozenten Dr. Stanislav Růžička. (Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag.)

Einsendungen beliebe man an ***Prof. Rubner, Berlin C., Klosterstr. 36,*** *zu richten.*

Die Strafsenhygiene im Altertume.

Von

Prof. Dr. **H. A. Nielsen,**

Kopenhagen.

Da die Strafsen eine notwendige Voraussetzung der engen Bauart des städtischen Grundes sind, so haben sie ein ebenso ehrwürdiges Alter wie die Städte. Je enger eine Stadt bebaut ist und je mehr Menschen innerhalb ihrer Mauern wohnen, von desto gröfserer Bedeutung sind natürlich die Strafsen auch als Verkehrswege für den Import und Export im weitesten Sinne des Wortes und desto wichtiger ist aber auch ihre Beschaffenheit für den Gesundheitszustand des Einzelnen sowohl als der Gesamtheit der Bewohner. Wo nur immer schriftliche oder monumentale Denkmäler Zeugnisse eines Kulturlebens ablegen, wird uns von gewaltigen Städten berichtet. Ich erinnere nur an die vielen Städte in Ägypten, Chaldäa, Assyrien, Kleinasien, Griechenland und Italien, von denen uns die alten Schriftsteller erzählen, oder welche uns durch Inschriften und Ausgrabungen bekannt geworden sind. Durch die aufserordentlich interessanten Funde aus der präbabylonischen Kultur — der Zeit der Sumerer, welche Sarzec[1]) in Tello im südlichen Babylonien ans Licht befördert hat, sind wir im stande, das ungefähre Alter von Babylon zu bestimmen. Danach mufs diese Stadt gegen 4000 v. Chr. erbaut worden sein und Ninive ca. 3100 v. Chr.; denn der

1) Découvertes en Chaldée par Ernest de Sarzec. 1887 publiées par les soins de M. de Heuzey.

Kirchenfürst Gudéa, dessen Palast Sarzec in Tello ausgegraben hat, erzählt in einer seiner Inschriften, dafs er Ninive gegründet habe. Eine der vielen Gudéa-Statuen, die Sarzec fand, stellt diesen König sitzend dar, indem er den Plan der Stadt Ninive auf seinem Schofse hält.

Aber Babylon und Ninive waren nicht die ältesten Städte des Reiches. Schon mehr als 1000 Jahre früher rühmt sich einer der Vorfahren Gudéas, Uru-ka-gin-na, König von Sirgulla[1]), eine Stadt mit Häusern von Ziegelsteinen, Vorratshäusern und einer Wasserleitung erbaut zu haben.

Es würde jedoch zu weit führen, auch nur die bedeutendsten der bekannten Städte des Altertums hier zu nennen. Viele von diesen sind ohne Zweifel sehr grofs, ja Millionenstädte gewesen. War doch der von den Mauern eingeschlossene Grund der Stadt Babylon doppelt so grofs als die Stadt London, und von Ninive sagt der Prophet Jonas, dafs es drei Tagereisen grofs sei. Athen zählte $^1/_4$, Jerusalem $^1/_2$, Carthago und Alexandria $^3/_4$ und Rom mindestens $1^1/_2$ Millionen Einwohner zur Zeit ihrer Blüte. Überhaupt waren die Städte sowohl in der chaldäisch-ägyptischen, als auch in der griechisch-römischen Kulturperiode zweifellos viel zahlreicher als jetzt und Städte mit einer Million oder doch einer halben Million Einwohner keine Seltenheit. Antiochia hatte 5 v. Chr. 117000 freie Bürger, und Pergamon und Cäsarea zählten nach Galen bezw. 120000 und 400000 Einwohner. Älianus gibt die Zahl der Städte in Italia und Sicilia auf 1260, Josephus die in Gallia auf 1200 und Ptolemäus diejenige in Afrika auf 324 und in Asia auf 500 an.

Bekanntlich ist eine grofse Reihe von Städten des Altertums auf Befehl eines Herrschers oder durch auf der Wanderung begriffene Volksgenossen nach bestimmten Plänen erbaut, wie wir

1) Gudéa war der letzte König der Sumerer. Sowohl Gudéa als eine Reihe der früheren Könige scheinen von den Königen von Akkad abhängig gewesen zu sein. Die beiden Könige von Akkad Sargon I. und Naram-sin lebten aber nach den archäologischen Untersuchungen und den Aufzeichnungen des Nabonid, des letzten Königs von Babylon, 3200 Jahre vor 550 v. Chr.

unten sehen werden. Erwähnen will ich hier nur, dafs man einen solchen Stadtplan aus dem Jahre 3100 v. Chr. kennt. Jedoch darf man wohl annehmen, dafs die weitaus meisten und vielleicht gerade die gröfsten Städte kaum nach einem vorher entworfenen Plane angelegt worden sind. Ohne Zweifel ist die Wahl der Lage in den meisten Fällen auf den einen oder anderen günstigen Umstand der Umgegend, z. B. auf einen guten natürlichen Hafen, einen schiffbaren Flufs, einen fruchtbaren Thalstrich u. dgl. zurückzuführen.

Daher mufsten notwendigerweise auch nicht nur die ökonomisch-vitalen Verhältnisse der Strafsen zu den Städten und ihren Bewohnern, sondern auch ihre hygienischen Verhältnisse den Bewohnern der alten Städte im selben Grade und unter denselben Formen als unentbehrlich einleuchten, wie es in der Gegenwart der Fall ist. Und in der That gab es schon in uralten Zeiten eine natürlich dem Kulturstandpunkte der Zeit und des Landes entsprechende Strafsenhygiene.

Jedoch zeigt sich überall ein in hygienischer Hinsicht bedeutender Unterschied zwischen den Strafsen der alten »autochthonen« Städte und denen der nach einem bestimmten Plan angelegten Städte, und namentlich diesen letzteren hat man die Strafsenhygiene der betreffenden Kulturstadien zu verdanken, weshalb man auch immer bestrebt war, die Strafsenanlagen dieser Kolonialstädte und ihre hygienischen Veranstaltungen, soweit wie möglich, in den alten Mutterstädten einzuführen, um das Versäumte nachzuholen, was jedoch aus naheliegenden Gründen nur in den seltensten Fällen gelang.

Von dem alten Athen, der Stadt der Kranaer und Kekropiden, findet man noch jetzt auf den die Akropolis umgebenden Höhen und namentlich auf Pnyx zahlreiche Überreste. Nach den von Burnouf[1]), Curtius[2]) und anderen Forschern angestellten Untersuchungen gab es hier nur ein oder zwei Hauptstrafsen von ungefähr 5 m Breite, die in dem festen Grunde eingegraben und an den Seiten mit Rinnsteinen versehen waren.

1) Revue de l'architecture, vol. XXX.
2) Die Stadtgeschichte von Athen. 1891.

Bürgersteige existierten damals nicht. Aus den vorhandenen Spuren sieht man, dafs hier einst ein lebhafter Wagenverkehr gewesen sein mufs. Zu beiden Seiten dieser Hauptstrafsen führen kleinere, 3—4 m breite Strafsen, ebenfalls mit Rinnsteinen aber ohne Bürgersteige die Anhöhen hinauf. Auch auf diesen Seitenstrafsen mufs einst ein lebhafter Verkehr von Wagen und Lasttieren stattgefunden haben. Um dem Fufse einen besseren Halt zu gewähren, waren sie mit Querrillen und niedrigen Stufen versehen. Aufser diesen gröfseren Strafsen gab es noch Gassen, oder richtiger gesagt ganz schmale Steige, die oft in Treppen endigten. Wie aus Burnoufs Untersuchungen von über 800 Bauplätzen, welche uns als kleine, durch Sprengung von Klippenmassen entstandene Flächen oder Terrassen von ungefähr 2 × 6 m erscheinen, hervorgeht, waren die Häuser dieser Strafsen ohne bestimmte Ordnung gebaut. Es ist vielmehr augenscheinlich, dafs die Seitenstrafsen und Gassen ohne bestimmte Richtungen nach den planlos gebauten Häusern angelegt waren. An mehreren Strafsenecken hat man 4—6 m tiefe, in Klippen ausgehauene Zisternen gefunden, die inwendig mit Kalk dicht gemacht und geputzt sind. Burnouf fand im ganzen 58 solcher Zisternen, 21 davon auf den Abhängen der Pnyx-Höhen. Ein Teil dieser Zisternen gehörte offenbar zu Privathäusern. Diese prähistorische Stadt, deren Bewohner nach Herodot (VIII. Buch Kap. 44) Pelasger (Kranaer) waren, hatte Strafsen, die trotz ihrer Primitivität und ihrer Mängel in hygienischer Beziehung den Abflufs jedes einzelnen Grundstückes in offene Rinnsteine leiteten und mit öffentlichen Wasserreservoirs versehen waren.

Aber diese krummen, engen und steilen Strafsen der Altstadt konnten nicht durch bessere ersetzt werden. Selbst als man während der Blütezeit der Republik und später unter der Römerherrschaft die Stadt durch ein Netz breiter und regelmäfsiger angelegter Strafsen erweiterte, und selbst als man schon während der Tyrannenzeit nach besten Kräften bemüht war, dem hygienischen Mangel der Strafsen durch die unterirdischen Leitungen, durch reichliche Wasserversorgung und Reinigung, worauf wir später zurückkommen werden, abzuhelfen, so blieb der Zustand

in der Hauptsache derselbe. Auch nach der Plünderung der Stadt durch die Perser, im Jahre 480 v. Chr., trat in dieser Beziehung keine wesentliche Veränderung ein. Als die Athener nach der niedergebrannten Stadt zurückkehrten, bauten sie so schnell wie möglich ihre Hütten auf den Trümmern der alten wieder auf. In diesen Häusern und auf diesen in hygienischer Hinsicht so primitiven Strafsen war es, wo unter Perikles eine furchtbare Pest wütete und Tausende der damals 200000 zählenden Bewohner hinwegraffte. Bekanntlich starb auch Perikles an dieser schrecklichen Krankheit im Jahre 429 v. Chr.

Eben dieselbe Entwicklung und dasselbe Schicksal hatte Rom. Auch hier dieselbe planlose Anlage, dieselben engen und krummen Strafsen. Auch Rom wurde geplündert und niedergebrannt, und zwar von den Galliern unter Brennus 390 v. Chr. Auch hier baute man, wie Livius berichtet, die Stadt ebenso planlos und mit den engen Strafsen wieder auf. Und wie wir später sehen werden, konnte man trotz reichlicher Wasserversorgung, Kanalisation, vorzüglicher Pflasterung und Strafsenreinigung die Übelstände, welche die engen und krummen Strafsen zur Folge haben, vor allem den üblen Geruch, nicht beseitigen.

Selbst die modernsten hygienischen Veranstaltungen hätten dem Hauptmangel der Strafsen im alten Athen und Rom nicht abhelfen können. Es fehlte an Licht und Luft; und dieser Mangel wurde um so gröfser, je mehr die Stadt sich ausdehnte. Die Strafsen blieben eng und krumm, die Häuser wurden aber immer höher, und die Verunreinigung der Strafsen nahm mit der Zahl der Einwohner zu.

Dieser primären Forderung der Strafsenhygiene an Licht und Luft ist man erst durch planmäfsig angelegte Städte mit regelmäfsigen geraden und breiten Strafsen gerecht geworden.

Gewöhnlich nimmt man an, dafs die Griechen die ersten waren, welche Städte mit breiten, geraden und einander kreuzenden Strafsen, deren Häuser den hygienischen Forderungen entsprachen, erbaut haben. Nach Aristoteles soll Hippodamos von Milet zuerst Peireus und Rhodus nach einem solchen Plan angelegt haben.

Aber ohne Zweifel haben die Griechen diese Kunst aufser vielem andern von den Assyro-Chaldäern und den Ägyptern gelernt. Wie oben erwähnt, gründete der Sumerer-König Uru-ka-gin-na um das Jahr 4200 v. Chr. eine Stadt mit Häusern aus Ziegelsteinen und mit einer Wasserleitung, und Gudéa berichtet, dafs er Ninive gegen 3100 v. Chr. erbaut habe. Wenn wir auch nichts Näheres darüber wissen, wie die Strafsen in diesen Städten beschaffen waren, so hindert uns nichts anzunehmen, dafs sie regelmäfsig und breit gewesen sind.

Herodot erzählt, dafs Babylon von ein Quadrat bildenden Mauern umgeben war, wovon jede Seite 120 Stadien (= ca. 22500 m) lang war. »Die Stadt selbst hat lauter Häuser von drei bis vier Etagen Höhe und ist von geraden, am Flusse entlang führenden oder rechtwinklig zu demselben laufenden Strafsen durchschnitten. An dem am Flusse liegenden Ende dieser Strafsen befinden sich Thore in der Mauer«, die sich längs den beiden Ufern hinzieht. Dieses Babylon, das Herodot gesehen hatte, und von dem noch jetzt bedeutende Überreste vorhanden sind, war aber von Nabuckodonosor (605—562 v. Chr.) angelegt. Bekanntlich wurde diese Stadt von dem Assyrerkönig Sennacherib geplündert und darauf vollständig zerstört, aber schon nach 11 Jahren von Asarhaddon wieder aufgebaut. Dafs Babylon jedenfalls dann gute, reguläre und vielleicht auch gepflasterte Strafsen bekam, ist mehr als wahrscheinlich, denn die von Place[1]) vorgenommene Ausgrabung von Korsabad zeigt, dafs Sennacheribs Vorgänger, Sargon II., seine Residenzstadt Dur-Sarrukin den modernsten Forderungen der Zeit gemäfs angelegt hatte. Eine diese Stadtanlage betreffende Inschrift des Sargon lautet: »Meinem mir von den Göttern gegebenen Namen entsprechend (eine Anspielung auf Sargon I., gegen 3750 v. Chr), wonach ich Recht und Gerechtigkeit üben und die Schwachen regieren und ihnen nicht schaden soll, vergüte ich den Eigentümern den Grund dieser Stadt (Magganubba) in Übereinstimmung mit den Werttafeln (dem Grundbuche), indem ich

1) Ninive et l'Assyrie.

ihnen Silber oder Kupfer dafür gebe; und um niemand Unrecht zu thun, gebe ich denen, welche kein bares Geld für ihr Grundstück haben wollen, Land für Land, wo sie es wünschen.« Also Sargon expropriierte den Grund und baute seine Stadt in Form eines Vierecks und umgab sie mit Mauern, die acht Thore enthielten. Von den Thoren führten, wie man aus Places Aufdeckungen ersieht, acht rechtwinklig sich durchschneidende Strafsen in die Stadt. Diese Strafsen waren 12 m breit, hatten Bürgersteige und waren mit flachen Steinen gepflastert. Wenn das Pflaster auch kaum so elegant war wie in Rom, so war es doch befriedigend, heifst es in Places Bericht.

Aber Place fand in Sargons Stadt noch eine andere hochwichtige hygienische Einrichtung, nämlich eine spitzbogige Hauptkloake, die nach dem nahen Flusse führte. Bis jetzt ist erst der Palast ausgegraben. Hier fand Place — was Layard auch in Nimrond (Kalach) aufdeckte — ein vollständiges System von Abflufskanälen, welche von den meisten Zimmern nach der Hauptkloake führten. Ja, er fand in diesem Palaste sogar drei Räume, die kaum etwas anderes gewesen sein können als Klosetts mit Wasserausspülung. Die Stadt selber ist, wie gesagt, noch nicht abgedeckt; aber man darf wohl annehmen, dafs auch die Strafsen Abflufs nach der Kloake gehabt haben. Wir erwähnten oben schon, dafs Layard[1]) ähnliche Abflufseinrichtungen in Assurnasirpals (ca. 880 v. Chr.) und in Salmanassars (ca. 1300 v. Chr.) Palästen in Kalach fand. Unzweifelhaft ist also, dafs die Assyrer jedenfalls gegen das Jahr 720 v. Chr. Städte mit breiten, geraden, gepflasterten Strafsen hatten, die sogar mit Bürgersteigen versehen waren, während die Griechen die Bürgersteige erst unter der Römerherrschaft bekommen haben.

Ferner gab es, und wahrscheinlich schon seit langer Zeit, in den assyrischen Städten öffentliche Brunnen. Sarzec deckte nämlich in Tello vor dem Palaste des Gudéa eine Fontaine auf, die sich auf einem 5 m breiten, aus gebrannten Fliefsen

---

1) Niniveh and its remains; 1850. Niniveh and Babylon; 1853.

gemachten Bürgersteige befindet; — auf den Steinen stand Gudéas Name. Diese Fontaine besteht aus einem 2,5 m langen, 0,5 m breiten und 0,3 m tiefen Wasserbassin, zu dem vom Bürgersteige zwei Stufen führen. Auf der Längsseite des Bassins sieht man Amphoren tragende weibliche Figuren, an denen zwei sich kreuzende Ausflufsöffnungen angebracht waren. Aufserdem fand man in dieser ohne Zweifel ältesten menschlichen Wohnung Reste von gemauerten Wasserleitungen und andere sehr wichtige hygienische Einrichtungen, auf welche wir hier jedoch nicht näher eingehen können. Die oben erwähnte Fontaine mufs jedenfalls vor 3000 v. Chr. angelegt worden sein und war wahrscheinlich für Gudéas Privatgebrauch bestimmt. Sie liefert uns auch den unumstöfslichen Beweis dafür, dafs man solche im Freien angebrachte Fontainen benutzt hat.

Es ist bekannt, dafs die Wasseranlagen in den chaldäisch-assyrischen Inschriften eine auffällig wichtige Rolle spielen. Aber fast ausschliefslich handelt es sich dort nur um die Anlage von Wasserleitungen und um die Herstellung von »immer dauernden« Wasserbehältern für die Städte.

So liefs Chammuragas (1900 v. Chr.) in Babylon ein Wasserreservoir und Assurnasirpal (gegen 880) in Kalach eine Leitung anlegen. Und Sennacherib führte Ninive und 18 anderen Städten mittels einer teilweise tunnelartig gebauten Leitung Wasser zu.

In dieser betreffenden Inschrift heifst es am Schlusse: »Ich habe Zisternen von Kisiriland bis nach Ninive anlegen lassen. — — So habe ich Ninive, meine Residenzstadt, erneuert. Ich habe ihre Strafsen reguliert und ihre Fontainen und Wasserleitungen vermehrt. — —« Hier geschieht der Strafsenanlagen und Fontainen direkt Erwähnung, und meines Wissens ist dies das einzige Mal trotz der aufserordentlich zahlreichen assyro-chaldäischen Berichte über Wasserleitungen nach den Städten und Landdistrikten.

Aber auch die Ägypter haben schon sehr früh Städte nach einem vorher entworfenen Plan angelegt. So hat Flinders Petrie in der Nähe des Sees Möris bei Kahun eine kleine

Arbeiterstadt aufgedeckt, welche von einem der Könige aus der zwölften Dynastie, wahrscheinlich von Usertesen II., um das Jahr 2000 v. Chr. gegründet wurde.

Der Stadtplan stellt ein Viereck dar. Die eine Hauptstrafse läuft von Osten nach Westen, und von ihr gehen sechs Seitenstrafsen von Norden nach Süden. Unter einem rechten Winkel zu dieser Hauptstrafse geht eine andere Hauptstrafse in Form eines **T** in der Richtung von Norden nach Süden, von welcher wieder zehn Seitenstrafsen von Osten nach Westen führen. Die Hauptstrafsen haben eine Breite von 7 m, die Seitenstrafsen von 4—4,5 m. Es scheint nicht, dafs ein Pflaster vorhanden gewesen ist; dagegen befindet sich in der Mitte der Strafsen ein aus 0,3 m breiten flachen Steinen gebildeter Rinnstein, der eine in der Mitte ausgehöhlte Abflufsrinne hat. Die Häuser liegen in einer geschlossenen Baulinie und bestehen aus lauter kleinen für die an den Pyramiden und Tempeln beschäftigten Arbeiter bestimmten Wohnungen von drei bis vier Zimmern. Nur an der nach Westen laufenden Hauptstrafse liegen neun gröfsere Gebäude mit sehr vielen Zimmern. Auf die auch in hygienischer Beziehung sehr wichtigen Einzelheiten dieser Häuser hier einzugehen, würde zu weit führen. Nur will ich noch bemerken, dafs Flinders Petrie unter den Häusern und Strafsen mächtige Gänge fand, die unter der XII. Dynastie von den Ratten gegraben worden sind. Nach der Ansicht der Gelehrten ist die Stadt nur bis in die XVIII. Dynastie (gegen 1300 v. Chr.) bewohnt gewesen. An den vorgefundenen Thonvasen und anderen Gefäfsen glaubt Petrie auf eine Handelsverbindung zwischen dieser Stadt und den griechischen Inseln schliefsen zu können.

Eine andere ägyptische Stadt von viel gröfserem Umfange ist die von Amenophis IV. um das Jahr 1400 v. Chr. angelegte Residenzstadt Heliopolis. Da die Einwohner diese Stadt bald nach ihrer Gründung verliefsen, so sind noch sehr viele Überreste dieser alten Anlage erhalten. Man sieht noch heute die Spuren einer 25 m breiten, am Flufs entlang laufenden Hauptstrafse, in welche die oft sehr engen Seitenstrafsen unter einem rechten Winkel münden.

Auch von den Etruskern weifs man, dafs sie regelmäfsige Städte bauten. In der von Brizio[1]) in der Nähe von Marzabotto (das 3—4 Meilen südlich von Bologna liegt) ausgegrabenen Stadt aus dem 6. Jahrhundert sieht man 4 Hauptstrafsen, von denen eine in der Richtung von Norden nach Süden und drei von Osten nach Westen laufen. Dieselben sind 15 m breit, haben einen Fahrdamm von 5 m Breite und auf jeder Seite einen 5 m breiten Bürgersteig. Auch sind sie gepflastert und an den Häuserreihen mit 0,8 m breiten Rinnsteinen versehen. Zwischen den drei von Osten nach Westen laufenden Hauptstrafsen gehen 5 m breite Nebenstrafsen von Norden nach Süden.

Hieraus geht zur Genüge hervor, dafs man sich schon lange vor den Griechen der sanitären Vorteile einer regulären Strafsenanlage, wenigstens schon 1500 Jahre vor Hippodamos, bewufst gewesen ist. Und von Gudéas Festungsplan mit seinen regelmäfsigen Mauern und den sechs von hervorspringendem Mauerwerk geschützten Thoren ausgehend, darf man wohl auch mit vollem Rechte auf regelmäfsige Strafsen schliefsen, wie solche in der später von Sargon angelegten Burg zu sehen sind. Ist dies aber der Fall, so können wir noch 1000 Jahre weiter zurückgehen.

Hippodamos von Milet hat die regelmäfsige Stadtanlage sicherlich von den östlichen Nachbarn seiner Vaterstadt gelernt. Dafs den Griechen die bedeutenden Vorteile einer solchen Anlage sofort klar geworden sind, ist ganz natürlich. Kannten sie doch aus eigener Erfahrung die Nachteile einer unregelmäfsigen Bauart einer Stadt und der schlechten Strafsen nur zu gut. Diese Übelstände wurden um so fühlbarer, als das Expansionsvermögen ihrer Städte noch mehrere Jahrhunderte lang fortdauerte.

Wir werden jetzt dazu übergehen, einige nach diesem Plane angelegte Städte zu beschreiben.

Piräus scheint die Stadt gewesen zu sein, welche zuerst von Hippodamos angelegt wurde. Nach Thukydides (I. 48) ist Piräus vor 430 v. Chr. gegründet worden. Es war um die Zeit, als in Athen die Pest ausbrach. Thukydides erzählt, dafs »man

1) Una Pompeji Etruscu a Marzabotto.

die Peloponnesier beschuldigte, die Zisternen vergiftet zu haben; denn damals gab es noch keine Quellenleitungen.» Die Stadt hat bis zu 25—30 m breite, gerade Strafsen, die einander rechtwinklig kreuzen. Zwischen den beiden Häfen gibt es eine noch breitere Passage, die Aphrodision hiefs. Der Marktplatz war nach den modernen Begriffen klein.

Nach einem ähnlichen Plane mit 4 Längen- und 3 Querstrafsen wurde Thurii in Süditalien an Stelle des niedergebrannten Sybaris gegen 440 v. Chr. angelegt. Auch hier waren sämtliche Häuser in der Baulinie gebaut.

Auch Rhodos soll von Hippodamos nach demselben Plan angelegt worden sein.

Obgleich Pompeji ursprünglich vielleicht 100 Jahre früher von den Oskern angelegt ist, so mufs das Strafsennetz, wie es jetzt vorhanden ist, nach Nissens[1]) Ansicht um das Jahr 400 v. Chr. entstanden sein. Es sind hier zwei Hauptstrafsen, die vom Norden nach Süden und drei, welche von Osten nach Westen laufen; zwischen diesen befindet sich eine grofse Zahl von Seitenstrafsen. Alle Strafsen durchkreuzen einander rechtwinklig. Die Hauptstrafsen sind 8—9 und die Seitenstrafsen 3—5 m breit. Die Hausblöcke variieren etwas in der Gröfse und sind nicht von derselben Form, aber doch alle fast viereckig und von geraden Strafsen begrenzt. Diese Hausblöcke bestehen nur aus 1, 3 oder 4 Häusern. Die Häuser liegen in geschlossener Baulinie und haben meistens einen Baugrund von 15 × 20 m. Der Markt ist auch hier nicht grofs, kaum so grofs wie zwei Hausblöcke. Weiter unten werden wir auf die Strafsen näher eingehen.

Ungefähr 100 Jahre später, also zur Zeit Alexanders und seiner Nachfolger, gab es schon eine ganze Reihe regelmäfsig angelegter Städte. So wurde Alexandria im Jahre 322 v. Chr. nach Demokrates' Plan angelegt. Wie man aus Mahmoud Beys Ausgrabungen ersieht, hat Alexandria sieben mit der Küste parallel laufende und elf rechtwinklig zu diesen laufende Strafsen. Je eine dieser Strafsen hat eine Breite von 14 m; die

1) Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. 1877.

andern sind 7 m breit. Die längste Strafse ist 5090 m lang, und der Abstand zwischen den Längenstrafsen beträgt 278 m. Die Hausblöcke haben die Form eines Quadrates. Die Ergebnisse von Mahmoud Beys[1]) übrigen Untersuchungen über die Strafsenanlage beweisen, dafs diese unter der Römerherrschaft neu angelegt worden sind.

Antiochia wurde 301 v. Chr. durch Seleucus-Nicator erbaut. Diese Stadt hatte zwei einander kreuzende breite Strafsen, wodurch sie in vier Stadtviertel geteilt wurde, die wieder von kleineren Strafsen durchschnitten waren. Die eine halbe Meile lange Hauptstrafse, welche von Osten nach Westen lief, und mit prächtigen Säulengängen über den Bürgersteigen und einem kostbaren Marmorpflaster geschmückt war, stammt aus der Zeit, wo die Römer regierten (Augustus und Tiberius).

Aus der Zeit Alexanders stammt Priene, das im Jahr 1895 von deutschen Archäologen[2]) aufgedeckt wurde. Man nimmt an, dafs Alexander diese Stadt ungefähr gleichzeitig mit dem Athenetempel bauen liefs, und dafs sie nicht lange gestanden hat. Die letzte Inschrift ist aus dem Jahre 150 v. Chr., woraus hervorgeht, dafs sie nicht lange der Einwirkung von Rom ausgesetzt gewesen sein kann, weshalb die Stadt mit ihrem rein griechischen Gepräge ein besonderes Interesse darbietet. Der ausgegrabene Teil besteht aus einem System von geraden, einander rechtwinklig schneidenden Strafsen, die ungefähr 70 Hausblöcke bilden. Wegen des sehr hügeligen Terrains müssen die Hauptstrafsen längs den Abhängen in der Richtung von Osten nach Westen laufen. Sie sind 6—7 m breit, und um die allzu bedeutenden Steigungen und Senkungen zu vermeiden, war man genötigt, an mehreren Stellen bedeutende Sprengungen von Klippen vorzunehmen und an andern Stellen auszufüllen. Die an den Abhängen hinauflaufenden Seitenstrafsen, welche also die Richtung von Norden nach Süden hatten, sind 4 m breit, nicht mit besonderer Sorgfalt angelegt und endigen nicht selten in steile Treppenstrafsen. Alle Strafsen sind mit sorgfältig gelegten Brecciaquadern

1) Alexandria; Copenhague, 1872.

2) Jahrb. d. Kaiserl. deutschen archäolog. Instituts, 1897.

gepflastert. Bürgersteige gibt es hier nicht. In der Mitte befindet sich ein mit grofsen Platten geschlossener Rinnstein. An mehreren Strafsenecken sieht man kleine öffentliche Laufbrunnen. Längs den Häusern hat man Thonrohrleitungen gefunden, von welchen Seitenleitungen nach den in den Häusern befindlichen Zisternen gehen.

Woher das Wasser gekommen ist, weifs man bis jetzt noch nicht. Jeder Hausblock hat eine Grundfläche von 30,7 × 41 m und enthält vier Baulose.

Mit den übrigen Städten am Mittelländischen Meere, die übrigens für uns sowohl in litterarischer als auch in monumentaler Hinsicht sehr interessant sein würden, wie Knidos, Pergamon, Cäsarea, Smyrna, Agä, Hierapolis, Thamugadi, Palmyra, Jerusalem u. v. a., werden wir uns hier nicht näher beschäftigen.

Aus der Anlage der oben etwas eingehender besprochenen Städte sieht man, dafs man sich bestrebte, der Forderung des Aristoteles gerecht zu werden, welche lautete: »Wenn man die Wahl hat, so soll man die Stadt an einer gesunden Stelle bauen, die für die gesunden Ost- oder Nordwinde zugänglich sind und sie reichlich mit gutem Wasser versorgen.« Durch die nach dem Plane des Hippodamos in Kleinasien und Europa angelegten Städte haben die Griechen eine sowohl in allgemein kultureller als in hygienischer Hinsicht aufserordentlich wichtige Mission erfüllt. Dieses Verdienst der Griechen wird dadurch nicht geschmälert, dafs die Chaldäer und Ägypter ihre Städte schon viel früher nach diesem Plane angelegt hatten. Sie haben vielmehr das, was sie von der Kultur des Ostens übernommen hatten, entwickelt und verallgemeinert. Es war in Griechenland nicht allein dem Willen eines einzelnen Herrschers überlassen, wie er eine Stadt bauen wollte, sondern ein freies Volk forderte die Anlage von regelmäfsigen und hygienisch günstigen Städten. Und gerade durch diesen Umstand wird vom hygienischen Standpunkte aus die Bedeutung dieser Mission erhöht.

Die Strafsen der meisten griechischen Städte waren nach den modernen Begriffen eher schmal als breit. Gewöhnlich

hatten die Hauptstrafsen eine Breite von 9—14 m, die Seitenstrafse von 3—7 m. Aber man darf nicht vergessen, dafs erstens die Häuser bei weitem nicht so hoch waren wie die unsrigen, da sie gewöhnlich nur eine, höchstens wie in Athen zwei Etagen hoch waren. Häuser von 4—7 Etagen, wie es deren in Rom, Karthago und Tyrus gab, gehörten im Altertum zu den Seltenheiten. Zweitens mufs man sich daran erinnern, dafs die Sonne in Griechenland, Italien und den übrigen Ländern am Mittelländischen Meere bedeutend höher steht als in unseren nördlichen Breiten.

Deshalb war den Häusern und Strafsen wohl Licht und Luft in genügender Menge zugänglich, um die Atmosphäre rein und angenehm zu erhalten. Leider waren die übrigen Einrichtungen aber nicht den hygienischen Forderungen entsprechend. Städte wie Piräus, das Strafsen von mehr als 30 m Breite hatte, oder der Badeort Hierapolis, dessen Hauptpromenade mit den Säulengängen an den Seiten 25 m breit war, bilden im Altertum eine Ausnahme.

Die griechischen Strafsen hatten — wie es durch die Untersuchungen in Priene nachgewiesen ist — keine Bürgersteige. Man hat im Griechischen nicht einmal ein Wort für Bürgersteig. Häufig waren die Strafsen, wie in Pompeji, in dem Grunde eingegraben und fast immer ohne Pflaster. Nur die Hauptstrafsen waren in Athen und den meisten griechischen Städten mit Kies belegt, weshalb sie gar nicht mit den römischen makadamisierten Wegen (viam munire) zu vergleichen waren.

Die Pflasterung war schon früh bekannt, man wendete sie aber nur bei schroffen Steigungen und bei kurzen Strecken einer Strafse an.

Schliemann fand ein schönes Pflaster auf der Rampe zu einem der Thore von Troja aus der zweiten Periode.

Dafs aber auch sämtliche Strafsen zur Zeit der Griechen um das Jahr 300 v. Chr. gepflastert waren, beweist Priene.

Zu Strabos Zeit (von 60 v. bis 25 n. Chr.) waren die Strafsen in Kleinasien, auf den Inseln und in Griechenland so selten

gepflastert, dafs Smyrna, welches nur gepflasterte Strafsen hatte, als ein Muster hingestellt wird.

Die antike, 5 m breite Strafse, welche Dörpfeld[1]) zwischen Athens Akropolis und Pnyx aufgedeckt hat, hat ebenfalls weder Pflaster noch Bürgersteige.

Aber Prienes Strafsen zeigen, dafs die Griechen sehr wohl verstanden, ein sogar gutes Pflaster zu legen, wo die natürlichen Verhältnisse es erforderten; und gleichzeitig war hier für einen Abflufs durch einen verdeckten Rinnstein gesorgt.

Sonst geschieht der Abflufs von den Strafsen und den Häusern, wie wir unten sehen werden, fast überall durch die offenen Rinnsteine der Strafsen.

Die Strafsen von Pompeji waren nach Nissen, als sie um das Jahr 400 v. Chr. ihre jetzige Gestalt bekamen, auch nicht mit Bürgersteigen versehen, wie sie auch ohne Pflaster waren. Erst gegen 200 liefsen die Ädilen Sitius und Pontus die Hafenstrafse, die Pompejanerstrafse, die Jupiterstrafse und die Senatorstrafse mit Bürgersteigen und makadamisierten Fahrdämmen anlegen. Die Strafsenpflasterung in Pompeji ist späteren römischen Ursprungs, sie hatte aber doch schon begonnen, als die Pflasterung der Strafsen durch Cäsars lex municipalis vom Jahre 45 v. Chr. den mit dem Bürgerrecht ausgestatteten Städten zur Pflicht gemacht wurde. Auch hier ist vor und nach der Pflasterung die Ableitung durch Rinnsteine erfolgt, die längs den Kantsteinen der Bürgersteige waren.

Dasselbe gilt von Alexandria. Auch hier sind die gepflasterten Strafsen, die nach Mahmoud Bey aus Augustus' Zeit stammen, mit Bürgersteigen versehen, welche durch Kantsteine von dem leicht gewölbten, aus Granitquadern gepflasterten Fahrdamm getrennt waren. Die 14 m breite Längsstrafse ist zur halben Breite gepflastert; die andere Hälfte ist makadamisiert, und in der Mitte befindet sich ein 1 m breiter Streifen von Kulturerde, der nach Mahmoud Beys Ansicht zur Anpflanzung von Bäumen verwendet wurde.

---

1) Mitteil. d. Kaiserl. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1894.

Auch hier wurde der Unrat aus den Häusern und von den Strafsen ebenso wie in Pompeji durch die Rinnsteine des Kantsteines fortgeleitet.

Die von Mahmoud Bey unter der Strafse gefundenen Leitungen, welche mehrere für Kloakleitungen gehalten haben, waren ohne Zweifel Wasserleitungen. Ebensowenig gab es in Pompeji Kloakleitungen; jedenfalls waren die Leitungen, welche man dafür gehalten hat, z. B. die unter der Strada dell'Abondanza, von Strada Stabiana, wie auch die unter dem westlichen Teile der Strada delle terme, nur bedeckte Rinnsteine.

Überhaupt gab es in den Strafsen der griechischen und römischen Städte nur ausnahmsweise Kloakleitungen. Es ist sogar wahrscheinlich, dafs die wenigen bekannten Kloakanlagen des Altertums ursprünglich in gar keiner Beziehung zu den Strafsen standen, sondern nur innerhalb der Grenzen der Stadt befindliche, bedeckte Wasserläufe waren.

Unbedingt gilt dies von der cloaca maxima in Rom, die erst später im 2. Jahrhundert v. Chr. eine solche Erweiterung erfahren hat, dafs man sie für eine wirkliche Strafsenkloake halten konnte; die Richtung der Strafsen stimmte nicht immer mit der Lage der Kloake und ihren Verzweigungen überein.

Diese Kloakanlage ist zu allen Zeiten viel, auch von den Griechen, bewundert worden. Dionysus von Halicarnassus erklärte »die Wasserleitungen, die gepflasterten Strafsen und die Kloaken für den besten Beweis von der Macht des römischen Reiches.« Und man ist noch jetzt allgemein der Ansicht, die man schon damals hatte, dafs die Kloakierung der Strafsen den alten Griechen unbekannt war.

Aber auch in dieser Beziehung sind die Griechen die Lehrmeister der Römer gewesen; selbst hatten sie wohl die Idee von den Assyrern bekommen und selbständig weiter entwickelt.

Die Ausgrabungen der letzten Jahre haben mehrere höchst interessante griechische Ableitungsanlagen ans Licht befördert.

Besonders in Athen. Hier hat Dörpfeld unter einem Teile der oben erwähnten Strafse zwischen Akropolis und Pnyx eine Kloakleitung aufgedeckt, die aus grofsen Röhren von

gebranntem Thon zusammengesetzt war. Dieselbe hatte Einsteigeschachte, deren Röhren ebenfalls aus gebranntem Thon waren und eine solche Breite hatten, dafs ein Erwachsener darin Platz fand. Der flüssige Abfall von 13 Häusern wurde durch vierkantige Thonröhren direkt in die Kloake geleitet. Nach Dörpfelds Ansicht ist dieselbe vor dem 4. Jahrhundert v. Chr. angelegt worden.

Eine von Ziller[1]) nordöstlich von der Akropolis aufgedeckte gesonderte Kloake scheint noch älteren Datums zu sein; ja sie ist in ihren ältesten Teilen vielleicht noch älter als die Tarquinische Kloake. Diese Leitung ist gewölbt und aus Piräusquadern gemacht; an einer Stelle erkennt man noch deutlich die uralte Überkragungstechnik. Von der Mitte des heutigen Athens läuft sie gegen 6 m unter der jetzigen Terrainhöhe in der Richtung nach dem Dipylonthore. Die Dimensionen sind 2 × 2 m. Bei dem Thore erweitert sie sich und bildet hier ein viereckiges Bassin von 4,20 m Breite. Von diesem Bassin verzweigen sich dann nach rechts und links viereckige und kreisrunde engere Leitungen, von denen die gröfste einen Durchmesser von 0,67 m hat. Diese Seitenäste führen nach den an dem Abhange liegenden Ländereien. Bei dem Ausgange einer der viereckigen Leitungen fand Ziller deutliche Spuren einer Ziehschützenvorrichtung, wodurch der Abflufs von der Leitung abgesperrt oder in diese hinein und in jeder beliebigen Menge über das Land geleitet werden konnte. Die Vorbauten im Bassin lassen vermuten, dafs die übrigen Leitungen mit ähnlichen Vorrichtungen versehen waren.

Wir haben hier also eine Überrieselungsanlage in optima forma vor uns. Der letzte Teil der Anlage ist jüngeren Ursprungs und aus Mauersteinen gemacht; derselbe scheint aber vor der Römerzeit angelegt zu sein. Das älteste Gebäude der Griechen aus gebrannten Steinen, Philippeion in Olympia, wurde gegen 350 v. Chr. erbaut.

Ohne Zweifel sind mehrere Verbesserungen an dieser Anlage, wie auch andere von Ziller ausgegrabene Leitungen in Athen auf die Römer zurückzuführen.

1) Mitteil. d. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1877.

Dasselbe gilt in der Hauptsache auch von der Kanalisation in Olympia, bei deren Anlage Herodes Atticus einen neuen Beweis von seiner grofsen Freigebigkeit gab. Es existieren jedoch in Olympia auch gemauerte Kloakleitungen aus der griechischen Zeit. Die Ausgrabungen in Pergamon haben besonders interessante Ableitungsanlagen ans Licht befördert. Dieselben bestanden aus gebrannten, mit griechischen Namenstempeln versehenen Thonröhren von 0,56—0,65 m Länge und inwendig mit einem Durchmesser von 0,13 bis 0,18 bis 0,20 m. An ihnen allen sieht man eine Tülle und eine Muffe.

Auch die Räume (Wohnungen?) um den Athena Poliastempel haben geschlossene Ableitung durch derartige Röhren, ja, man hat sogar bis in die oberen Etagen führende Fallrohrleitungen gefunden, die durch eine gemeinschaftliche Leitung unter der Thürschwelle in das Freie führen. (Pergamon Bd. II u. VI.)

Auch in Girgenti (Akragas) auf Sizilien, in Nicomedia, Kyzikos und in vielen andern Städten finden sich Kloakleitungen. Ferner gibt es in Jerusalem ein sehr altes System von Ableitungskanälen. Nach Schicks[1]) Ansicht stammen diese meistens aus der Zeit der Könige. Er glaubt, dafs sie den Abflufs von den Strafsen und Häusern unterirdisch nach dem Klippenrande führten.

Über die Laufbrunnen in den prärömischen Strafsen ist man sehr wenig orientiert. Es mufs hier jedoch hervorgehoben werden, was wir schon oben mit Rücksicht auf die Strafsenbrunnen von Priene gesagt haben. Allerdings gibt es eine bedeutende Anzahl von Wasserleitungen aus der ältesten griechischen Periode. Ich erinnere nur an die von Dörpfeld gefundene tunnelförmig gebaute Peisistratos-Leitung in Athen, an die Eupalinos-Leitung auf Samos (Fabricius)[2]), an die von Megara und Korinth und an die grofse Menge von Druckleitungen, welche aus durchbohrten, mit Tüllen und Muffen versehenen Quadersteinen hergestellt waren. Wir haben es hier mit einer Technik zu thun, die den griechischen Kolonien auf den Inseln

1) Zeitschr. des deutschen Palästinavereins. Bd. 1.
2) Mitteil. d. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1884.

und in Kleinasien eigentümlich war, und welche diese von den Phöniziern gelernt zu haben scheinen. Im Vergleich zu diesen sind unsere, aus Gufseisen verfertigten Leitungsrohre freilich billiger und leichter, aber kaum vollkommener. Diese Technik verschwand ungefähr ganz, als die Römer im Anfange des 2. Jahrhunderts v. Chr. die Herrschaft über diese Länder bekamen. Reste von solchen Druckleitungen gibt es noch bei Patara[1]), Jerusalem (Salomons obere Leitung von den Teichen), Laodicaa[2]) ad Lycum, Smyrna, Methymna und Pergamon.

Auch auf diesem hygienischen Gebiete sind die Griechen die Vorläufer der Römer, sowohl hinsichtlich der Technik als hinsichtlich der Zeit. Die Eupalinos- und Peisistratos-Leitungen sind mindestens 200 Jahre älter als die erste, Aqua Appia in Rom; gar nicht zu reden von der Druckleitung in Patara, welche ohne Zweifel noch 200—300 Jahre älter war.

Wir werden jedoch nicht näher auf diese interessante Frage eingehen, da die Wasserversorgung der Strafsen bei den Griechen nicht überall eingeführt gewesen zu sein scheint. Es gab eine oder zwei Quellen innerhalb der Stadt, wie Kallirrhoe-Enneakrunos in Athen. Jene erhielt ihre gröfsere Wassermenge von der Peisistratos-Leitung. Oder seltenerweise wurde das Wasser nach den in den Häusern und vereinzelt in Strafsen angelegten Zisternen geleitet. Eine solche Leitung fand man in Olympia. Die vielen Strafsenbrunnen aber, welche man in Rom, Pompeji, Antiochia, Alexandria und vielen andern Städten findet, sind von den Römern angelegt. Allgemein eingeführt wurden sie durch Agrippa. Um sie genügend mit Wasser versorgen zu können, baute er zahlreiche private Wasserkastelle über dem Strafsennetz der Stadt und ermöglichte dadurch auch die Wasserversorgung der Häuser mit Laufbrunnen.

Diese Technik führten die Römer nun überall ein, wo sie hinkamen. Und darin besteht das gröfste Verdienst der Römer auf diesem Gebiete.

1) Texière, Description de l'Asie mineure.

2) Jahrb. d. deutschen archäolog. Instituts, Bd. XIII u. f.

Wie aber schon oben erwähnt, wurde in der griechischen Stadt Priene das Wasser in jedes einzelne Haus geleitet. Ich erinnere hier an die Inschrift auf der bekannten Mesa[1]-Stele in Louvre, die beweist, dafs man schon gegen das Jahr 900 v. Chr. das Wasser in die Häuser geleitet hat. Diese Inschrift lautet: »Ich habe Qarha mit hölzernen und steinernen Mauern angelegt, ich habe die Thore und Türme gebaut. — — Und innerhalb der Stadt gab es keine Brunnen in Qarhe; und ich sagte zu dem ganzen Volke: Macht euch Zisternen, ein jeder in seinem Hause; und ich höhlte eine Wasserleitung aus nach Qarha (mit den Gefangenen) von Israel.«

Schon früh waren die Griechen darauf bedacht, aufser der erwähnten Ableitung etwas für die Reinigung der Strafsen zu thun. In Athen gab es schon im grauen Altertum eine Strafsenpolizei, die fünf sogenannten Astynomen, die dafür aufzukommen hatten, dafs die Baulinie nicht überschritten wurde, und dafs der Verkehr in den schmalen Strafsen nicht durch Vorbauten und nach aufsen gehenden Thüren noch mehr gehindert wurde. Aufserdem hatten sie die Aufsicht über die Wasserversorgung, und endlich hatten sie für die öffentliche Ordnung und die Reinlichkeit aufzukommen. Unter ihnen rangierten die »Koprologoi«. Später, im 4. Jahrhundert, traten die Agoranomen an ihre Stelle. Piräus hatte fünf solcher Agoranomen. Es existiert noch aus dem Jahre 320 v. Chr. ein Volksbeschlufs der Stadt Athen, wonach: »Diejenigen, welche Abfall auf die Strafse werfen, gezwungen werden sollten, denselben wieder zu entfernen. Und um alles gut im Stande zu halten, sollten diejenigen, welche in der Zukunft Abfall und Exkremente auf die Strafse oder den Markt werfen, bestraft werden.«

Jedoch waren es nur die Hauptstrafsen, welche unter der Aufsicht der Astynomen standen, und die von Koprologoi gereinigt wurden. Diese wurden von der Stadt angelegt und wahrscheinlich auch in Stand gehalten. Die schmalen Nebenstrafsen aber, in deren Häusern, wie man in Priene sieht, kein Eingang von der Hauptstrafse war, waren privat und sind gewifs im

1) Moabiterkönig.

höchsten Grade schmutzig gewesen, ebenso wie die angioportus in Rom.

Überhaupt waren die Strafsen im Altertum — Athen und Rom nicht ausgeschlossen — ohne Zweifel trotz ihres Pflasters und trotz ihrer Ableitung, dieser notwendigen Voraussetzung einer Strafsenreinigung, nichts weniger als rein. Dies sieht man besonders in Rom.

In allen griechischen Städten spielte der Marktplatz, agora, eine bedeutende Rolle in dem politischen und kommunalen Leben, aber nichtsdestoweniger war er in hygienischer Hinsicht wegen seiner geringen Gröfse meistens sehr bedeutungslos. Gröfseren Gartenanlagen und öffentlichen Plätzen begegnet man erst in der Kaiserzeit.

Als die Römer die Erbschaft der griechischen Kultur antraten, übernahmen sie selbstverständlich auch die hier behandelten und viele andere hygienische Einrichtungen. Aber während sie in Litteratur, Wissenschaft und Kunst hinter ihren Lehrern zurückblieben, so kann nicht geleugnet werden, dafs sie die technisch-hygienischen Veranstaltungen und besonders diejenigen, mit denen wir uns hier beschäftigen, bedeutend vervollkommnet haben.

Sie verbesserten nicht nur die Technik der Strafsenpflasterung, und liefsen sich die Instandhaltung und die Reinlichkeit nicht nur besonders angelegen sein, sondern sie wirkten am allermeisten im Dienste der Strafsenhygiene dadurch, dafs sie ihre Einrichtungen für alle mit dem römischen Bürgerrecht ausgestatteten Städte obligatorisch machten, sowie auch dadurch, dafs sie durch die Macht des Beispiels die Forderungen an Komfort und Hygiene, an welche sie sich zu Hause gewöhnt hatten, auch auf die Städte und Länder übertrugen, welche sie im Laufe der Zeit eroberten.

Deshalb sehen wir, wie in allen Städten am Mittelmeere die alten Einrichtungen auf dem Gebiete der Strafsenhygiene den neuen römischen Platz machen müssen.

Eine besonders kolonisierende Bedeutung hat Rom nicht gehabt. Man suchte das Vorhandene zu ändern, zu verbessern,

zu romanisieren. Daher beschränken sich ihre Neuanlagen hauptsächlich auf die Anlage von Lagern mit dem regulären Strafsenkreuz. Die Lagerstädte scheinen nicht nach einem bestimmten Plan angelegt worden zu sein. Turin wurde jedoch von Augustus mit geraden und einander senkrecht durchschneidenden Strafsen, die von der Anlage aus mit Kloaken versehen waren, angelegt. — Auf dieselbe Weise wurde später auch Konstantinopel erbaut.

Aber im allgemeinen sind die Römer bestrebt gewesen, die engen Strafsen in Rom und den übrigen alten Städten in hygienischer Beziehung möglichst erträglich zu machen.

Zum Schlusse werden wir uns eingehender mit den hygienischen Einrichtungen der Strafsen in Rom beschäftigen.

Rom gehört zu den alten Städten, welche im Laufe der Jahrhunderte auf der ursprünglichen Stelle aufgewachsen sind. Mit Recht sagt daher auch das Sprichwort: »Rom wurde nicht an einem Tage erbaut.« Wenn wir annehmen, dafs diese Stadt 753 v. Chr. gegründet wurde, so ist gegen 2600 Jahre an ihr gebaut worden.

Daher findet man hier als Überreste der alten Stadt nur noch die aus Quadersteinen errichtete Stadtmauer des Servius, die bekannte Quellenkammer — Tullianum — am Fufse des Kapitols und die cloaca maxima.

Zum Glück sind noch einige Bestimmungen des Zwölftafelgesetzes erhalten, so dafs wir uns eine ziemlich deutliche Vorstellung von der sanitären Beschaffenheit der Strafsen machen können.

Eine dieser Verordnungen lautet: »Die Strafsen sollen dort, wo sie in gerader Richtung laufen, 8 Fufs und dort, wo sie eine Biegung machen, 16 Fufs breit sein.« Weiter heifst es in demselben Gesetze mit Rücksicht auf die Häuser: »Rund um die Mauern soll ein Strich Landes — ambitus — von $2^1/_2$ Fufs Breite sein«. Dadurch war die Möglichkeit geschaffen, einen Bürgersteig anzulegen. Die Breite der Strafsen war also in Wirklichkeit $8 + 2^1/_2 + 2^1/_2 = 13$ Fufs, bezw. 21 Fufs. Die Folge davon war aber auch, dafs die Häuser nicht in der geschlossenen Bau-

linie zu liegen kamen, da ja jedes Haus $2^1/_2$ Fufs von der Grenze aufgebaut werden durfte. Auf diese Weise entstanden dann die zwischen den Häusern liegenden, äufserst schmalen privaten Gänge von 5 Fufs Breite — die angioportus, wo oft die Latrine ihren Platz hatte, als amphora in angioportu. Da diese Gänge privat waren, hatten sie kein Pflaster. Die Häuser waren ohne Ordnung aufgeführt und in dieser Beziehung wurde es nach der Einäscherung der Stadt durch die Gallier (390) nicht besser. Als man sich entschlossen hatte — so berichtet Livius — die Stadt wieder aufzubauen, »wurden Ziegelsteine auf Kosten der Stadt herbeigeschafft (an der Sonne getrocknete Steine). Holz konnte ein jeder nehmen, wo er es bekommen konnte, aber nur unter der Bedingung, dafs er sich verpflichtete, das Haus in einem Jahr fertig zu stellen. Bei dieser Eile dachte niemand daran in einer geraden Linie zu bauen; ein jeder baute, wo er am besten Platz fand. So ist es zu erklären, dafs die alte Kloake, welche ursprünglich auf dem städtischen Grunde lag, jetzt (zur Zeit des Augustus) an manchen Stellen unter den Privathäusern lief, und dafs die Stadt jetzt ein Aussehen hat, welches nicht auf eine planmäfsige Anlage, sondern auf eine willkürliche Bebauung schliefsen läfst.« Und so blieb es jedenfalls bis zum Neronischen Brande. Erst nach diesem wurden die Strafsen der abgebrannten Stadtteile »zum Bedauern der Römer breiter gemacht, da der Schatten und die Kühle geringer wurden«, erzählt Tacitus. Die schmalen Privatgänge zwischen den Häusern bestehen noch immer.

Hinsichtlich der Höhe der Häuser berichtet Livius, dafs Rom im 3. Jahrhundert schon die drei-doppelte Haushöhe erreicht hatte. Augustus, der ein Baugesetz (Vitruvius)[1]) herausgegeben zu haben scheint, bestimmt, dafs die Häuser in den Strafsen nicht über 70 Fufs hoch sein sollen (ein römischer Fufs = 0,296 m). Trajan setzte die Höhe auf 60 Fufs herab.

---

1) Auf Vitruvius Ansichten über die Anlagen von Städten wollen wir hier nicht näher eingehen, da die von ihm aufgestellten Prinzipien kaum von irgend welcher praktischen Bedeutung gewesen sind.

Diese engen Strafsen entbehrten jedenfalls bis zum Jahre 312 jeglicher Belegung, denn erst da inauguriert Appius Claudius die römische Wegebaukunst mit makadamisierten Fahrdämmen und Bürgersteigen. Und erst vom Jahre 189 v. Chr. beginnt man allmählich damit, die Fahrdämme zu pflastern, aber besonders von 174 an machte man Ernst mit der Sache, indem, wie Livius sagt, »die Censoren Q. Fabius Flaccus und A. Posthumius Albinus zum ersten Male die Pflasterung der Strafsen in der Stadt und die Makadamisierung von Wegen aufserhalb der Stadt lizitierten.« Im Jahre 45 v. Chr. kam die lex Julia municipalis heraus, welche endlich die Anlage, Instandhaltung und Reinigung der Strafsen vorschrieb. Nach der lex Caesaris sollten vier Ädilen die Aufsicht über sämtliche Strafsen führen. In jeder der 14 Regionen der Stadt stehen unter den vier Ädilen zwei Curatores, und zu jeder Strafse gehörten vier vicomagistri, Strafsenaufseher. Es gibt in Rom über 200 vici von 13 Fufs und nur 5—6 viae von 21 Fufs Breite.

Hieran konnte durch Cäsars Gesetz selbstverständlich nichts geändert werden. Aber die lex Julia bestimmte, dafs der Fahrdamm von der städtischen Behörde, der Bürgersteig dagegen mit kleineren Steinen von dem betreffenden Hausbesitzer gepflastert werden sollte. Wenn die Strafse angelegt war, sollte der Hausbesitzer den Bürgersteig und den Fahrdamm bis zur Strafsenmitte in Stand halten, für ihre Reinigung Sorge tragen und auch für genügenden Abflufs sorgen. Sollte ein Besitzer der grofsen »Insulae«, Miethäuser, dies unterlassen, so sollten Ädilen die Reinigung auf Kosten des Besitzers besorgen lassen. Nach anderen Verordnungen war der Mieter berechtigt, dies selber thun zu lassen und die Kosten von der Miete abzuziehen. Wo es sich um öffentliche, nach der Strafse liegende Gebäude handelte, hatte die Stadt für die Instandhaltung und Reinigung der Strafse aufzukommen. Ebenfalls mufste jeder Hauswirt für den Abflufs seines Grundstückes sorgen. »Derjenige oder diejenigen, deren Häuser nach der Strafse liegen, sollen auf Anordnung der Ädilen die Strafse in Stand halten, so dafs kein Abflufswasser, wodurch das Volk die Strafse weniger gut benutzen kann, stehen bleibt.«

Dieses interessante hygienische Gesetz ist eins der wenigen in Erz eingegrabenen römischen Gesetze, die uns zum gröfsten Teil noch auf den sogenannten Herakleischen Tafeln in Neapel erhalten sind. Als dieses Gesetz herauskam, war Rom schon fast überall gepflastert, — es ist wohl nicht wahrscheinlich, dafs die 5 Fufs breiten Gassen oder Gänge ein Pflaster hatten —, so dafs sich nur die Bestimmungen über die Instandhaltung und Reinigung auf die Hauptstadt bezogen. Dagegen war dieses Gesetz für die vielen übrigen Städte des römischen Reichs von der gröfsten Bedeutung. Als Pompeji im Jahre 79 verschüttet wurde, waren schon alle Strafsen gepflastert; mehrere derselben machten schon eine Umpflasterung im hohen Grade notwendig, andere waren bereits umgepflastert. Im ganzen war in dieser kleinen Provinzstadt eine Million Quadratfufs ihres Grundes mit Pflaster versehen. Es würde zu weit führen, wollte ich alle römischen Städte, in denen es gepflasterte Strafsen gab, auch nur aufzählen. Kurz gesagt, es gab nicht nur in Italien, sondern auch in allen Ländern des Mittelmeeres, die von den Römern erobert waren, keine Stadt ohne Pflaster.

Dafs die technische Anlage der Strafsen sehr schön und solide war, ist ja allgemein bekannt. Auffällig ist es, zu sehen, wie die Technik mit der Kunst und Kultur im allgemeinen im 2.—3. Jahrhundert n. Chr. in Verfall geriet. Man vergleiche nur das Pflaster der auf dem forum Romanum aufgedeckten via sacra aus der Zeit Caracallas mit einer einzelnen Partie des alten Pflasters vor dem Tempel des Saturn.

Bekanntlich hatte Rom schon seit alten Zeiten eine Kloake, die cloaca maxima, welche aller Wahrscheinlichkeit nach angelegt wurde, um dem Teile, wo sich jetzt das Forum Romanum mit dessen östlichen Fortsetzungen befindet, einen Abflufs zu verschaffen. Dieselbe soll ja von Tarquinius im 6. Jahrhundert v. Chr. angelegt worden sein. Sie war aus Tuffquadersteinen gemacht und war ungefähr 4 × 4 m im Durchmesser. Den Boden hatte man mit Lavapolygonen gepflastert und die Kloake war gewölbt. Den ältesten Teil derselben, von dem Forum bis zum Tiber, benutzt man noch heutigen Tages.

Zur selben Zeit, oder wahrscheinlich noch etwas früher, als man anfing, die Strafse zu pflastern, wurde die cloaca maxima durch zahlreiche Ausläufer erweitert, so dafs sie den Abflufs von allen Grundstücken innerhalb der Mauer des Servius aufnehmen konnte. Man hat an den verschiedensten Stellen der modernen Stadt wohlerhaltene Reste derselben gefunden.

Da die Strafsen gegen 174 v. Chr. gepflastert wurden, so ist ohne Zweifel der Abflufs von diesen Strafsen in die Kloake geleitet worden. Dies geht auch aus folgender späterer Bestimmung des Zwölftafelgesetzes hervor: »Wenn der auf öffentlichen Grund geleitete Abflufs einem Privatmanne Schaden zufügt, so mufs gegen den ersten Privatmann eine Privatklage erhoben werden.« Offenbar ist aber die Wassermenge damals zu gering gewesen, denn man beklagte sich ungefähr um dieselbe Zeit darüber, dafs die Kloake zugesetzt worden war, weshalb man eine Summe von 1000 Talenten ($4^1/_2$ Millionen Mark) zur Reinigung anwenden mufste. Später erfährt man nichts mehr von einer solchen Kalamität Seit dem Jahre 145 v. Chr. leitete man auch aqua Marcia nach Rom, welche der Hauptstadt innerhalb 24 Stunden 100000 Kubikmeter Wasser zuführte, und um das Jahr 60 n. Chr. flossen wenigstens 6—700000 cbm Wasser innerhalb 24 Stunden durch die Kloake.

Aus einer Stelle bei dem älteren Plinius geht hervor, dafs die Kloake zur allgemeinen Zufriedenheit funktionierte. Es heifst dort: »Agrippas 7 Wasserströme (worunter man natürlich die sieben von Agrippa rekonstruierten und neu angelegten Wasserleitungen: Aqua Appia, Anio vetus, Marcia, Tepula, Julia, Virgo und Alscetina zu verstehen hat) spülen allen Unrat der Stadt in die Kloake; zuweilen fliefst das Wasser des Flusses da hinein, und dann entsteht ein Kampf zwischen den beiden Strömen; jedoch der starke Bau hält es aus. Grofse Massen von den Strömen mitgerissener Unrat passieren deren Mauern, ohne sie zu sprengen.«

Wir sehen hieraus also, dafs Rom auch den Beweis geliefert hat, dafs, wie die Erfahrung der neueren Zeit auch lehrt, die Kanalisation einer Stadt ohne genügende Wassermenge vom

hygienischen und technischen Standpunkte aus undurchführbar ist.

Dafs übrigens diese enorme Wasserzufuhr nicht genügte, um die cloaca maxima auszuspülen, davon kann man sich überzeugen, wenn man den vor einigen Jahren aufgedeckten Teil, der von Augustus' Forum nach dem Forum Romanum hinabgeht, passiert. Von einem allgemeinen oder erlaubten, geschweige denn obligatorischen Anschlufs von den Häusern nach der cloaca maxima, wie dies in Athen der Fall war, wird uns nichts berichtet.

Dafs trotzdem die Exkremente — per nefas — häufig in die Kloake geworfen wurden, geht aus folgender Bemerkung des Columella hervor: »— auch haben die Kräuter nichts dagegen, dafs man den müden Brachfeldern das bietet, was die Latrinen in die schmutzigen Kloaken ergiefsen.« Diese Bemerkung kann jedoch wohl kaum als ein Beweis dafür gelten, dafs es in Rom Wasserklosetts gab. Öffentliche Latrinen scheint man nicht vor Tiberius' Zeit gekannt zu haben. Im Jahre 315 n. Chr. waren in Rom 144 latrinae publicae und 116 necessariae längs der Aurelianischen Mauer. Dafs man jedoch öffentliche Strafsenlatrinen mit Wasserausspülung gekannt und benutzt hat, beweist Pompejis Forumlatrine. Diese hatte acht Sitze und war über einem 2 m tiefen ausgemauerten Halbkanale angebracht, wohin ein bleiernes Wasserrohr führte. Der Abflufs war nach einem verdeckten Rinnsteine. Einer ganz ähnlichen öffentlichen Latrine, die 25 Sitze hatte und mit grofser Eleganz ausgestattet war, erwähnt Gaston Boissier (l'Afrique Romaine). Diese befand sich in einer mit Quadersteinen gepflasterten Hauptstrafse der kleinen Militärkolonie Tamugadi in der Nähe der Wüste Sahara. Hier handelt es sich um zwei antike Trogklosettanlagen. In Pompeji hat ja übrigens ungefähr jedes Haus seine Latrine, wahrscheinlich mit einer Amphora (antikes Tonnensystem), die meistens nahe bei der Küche lag.

Die oben erwähnte reichlichere Wasserzufuhr in Rom kam nicht nur der cloaca maxima zu gute, sondern sie half auch dem mehr und mehr sich geltend machenden Bedürfnisse nach Trink- und Verbrauchswasser ab, und sie trug auch nicht unwesentlich

zur Reinlichkeit der Strafsen und der Luft in diesen Strafsen bei. Die zahlreichen Laufbrunnen (lacus — 700), welche Agrippa in den Strafsen anlegen liefs, und die vielen monumentalen Fontainen (munera — 105) auf den Marktplätzen und andern freien Plätzen, die mit 300 Bronze- und Marmorstatuen und mit 400 Säulen geziert waren, gereichten nicht nur den Strafsen zur Zierde, sondern das Tag und Nacht fliefsende Wasser erfrischte die Luft und reinigte die Strafse und die Kloake unter der Strafse. In demselben Mafse wie die Wassermenge vermehrt wurde, in demselben Mafse nahm die Zahl der Strafsenbrunnen zu, so dafs ihre Zahl, nachdem sie zur Zeit des Frontinus auf 391 lacus und 39 Fontainen (munera) zurückgegangen war, wieder auf 1352 (im Jahre 315 n. Chr.) stieg.

Eine eigentliche Wassersprengung im modernen Sinne des Wortes gab es in Rom nicht. Das überlaufende Wasser der Strafsenbrunnen, sowie das Überfallswasser der Kastelle (von diesen hatte Agrippa 130 angelegt; zur Frontinus' Zeit gab es deren 247) durfte ohne Cäsars ausdrückliche Erlaubnis nicht in die Häuser geleitet oder zu industriellen Unternehmungen benutzt werden; »denn«, sagt Frontinus, »von den Kastellen mufs notwendig ein Teil des Wassers überfliefsen, aber dieses trägt nicht nur zur Gesundheit der Stadt bei, sondern es nützt auch dadurch, dafs es die Kloaken reinigt.« Und an einer andern Stelle heifst es bei Frontinus: »Selbst das überlaufende Wasser ist von nicht geringem Nutzen; mit der Reinlichkeit sieht es schon jetzt ganz anders aus, und die Ursachen der ungesunden Dünste, wodurch die Stadt in üblen Ruf gekommen war, sind entfernt.«

Übrigens war die Anlegung der vielen Strafsenbrunnen darauf zurückzuführen, dafs die Wasserleitungen in den Häusern in Rom bei weitem nicht so allgemein waren wie in Pompeji, wo selbst das ärmlichste Haus einen Laufbrunnen hatte, oder in Antiochia, »wo«, wie Lebanios berichtet, »die Einwohner nicht nötig haben, sich an den Strafsenbrunnen zu schlagen, um Wasser zu bekommen, da jedes Haus und jede Werkstatt einen und oft mehrere Laufbrunnen hatten.«

Zu Frontinus' Zeit überliefs man den Bewohnern zum privaten Hausgebrauch so viel Wasser, als 3847 Quinnarien liefern konnten; und jedes einzelne Haus durfte nach einer Verordnung aus dem Jahre 382 n. Chr. nur von ca. $^1/_2$—$3^1/_2$ Quinnarien erhalten.

Da Rom im Jahre 315 n. Chr. 46602 Insulae — Mietkasernen — und 1790 Domus — Patrizierhäuser — zählte, so ist es mehr als wahrscheinlich, dafs diese alle die Quinnarien benutzten, die für die 250000 Sestertien den Abonnenten überlassen wurden, und dafs die Bewohner der 46602 Insulae auf die zahlreichen Strafsenbrunnen angewiesen waren.

Aber trotz der vorzüglichen Pflasterung, trotz der Kloaken und der fortwährend reingespülten Rinnsteine und trotz der Pflicht der Hausbesitzer, die Strafsen zu fegen, war bekanntlich der Zustand der Strafsen nicht der beste. Der privaten Fegepflicht ist man wohl nicht immer nachgekommen; auch liefsen die Ädilen es oft an der nötigen Gewissenhaftigkeit fehlen. Selbst der so bürgerlich gesinnte Vespasian mufste sich nach Sueton von Caligula höhnische Bemerkungen gefallen lassen, weil er als Ädil nicht genügend dafür Sorge getragen hatte, dafs die Bürger die Strafsen reinigten.

Bei einer Einwohnerzahl von mindestens $1^1/_4$—$1^1/_2$ Millionen in der Kaiserzeit ist es nicht zu verwundern, dafs der Verkehr in diesen engen Strafsen, trotzdem die lex Julia municipalis den Wagenverkehr in den ersten zehn Stunden des Tages verbot, die Reinhaltung derselben schwierig machte; nur dem Triumphator, den Vestalinnen und »den Bauern, welche nachts nach der Stadt kommen, um Stercora wegzufahren«, war es gestattet, mit Wagen zu fahren. Auch aus der letzten Bestimmung geht hervor, dafs die Abfuhr die Regel war. Kein Wunder also, dafs Juvenal sich darüber beklagt, dafs seine Füfse auf der Strafse schmutzig wurden, und dafs Martial »die Luft in den Strafsen so dicht fand, dafs er von seiner Wohnung auf der dritten Etage nicht die Pflastersteine sehen konnte«, wenn wir bei dem gewissenhaften Frontinus lesen, dafs die Stadt wegen der giftigen Dünste in der Luft berüchtigt war.

Und erinnert man sich der unendlich vielen Klagen über die Baufälligkeit und die häufigen Einstürze, so kann man sich Horaz' und Senecas Furcht, beim Passieren der Strafse einen Stein oder einen Balken auf den Kopf zu bekommen, erklären.

Die wesentliche Ursache davon, dafs die Luft in den Strafsen dieser alten Millionenstadt dumpfig, drückend und voll Staub war, lag ohne Zweifel darin, dafs die sehr engen Strafsen nicht durch breitere ersetzt werden konnten. Jedoch sind sie wohl kaum schmutziger gewesen als die meisten Strafsen unserer modernen Grofsstädte.

Aufserordentlich interessant und lehrreich ist es, zu sehen, wie Rom besonders seit Julius Cäsar mit Erfolg bestrebt war, den Übelständen und den hygienischen Mängeln, an denen die Millionenstadt wegen ihrer unregelmäfsigen und planlosen Anlage und ihrer engen Strafsen litt, abzuhelfen.

Natürlich war die Kloakierung und reichliche Wasserzufuhr eine notwendige Voraussetzung der klugen, von Cäsar erlassenen Gesetze.

Und wenn wir auch, wie schon oben erwähnt, den Römern die Originalität auf diesem wie auf fast allen andern Gebieten der Kunst und Kultur absprechen müssen, so läfst sich nicht leugnen, dafs sie das ihnen von andern Nationen Überlieferte durch ihre technische Tüchtigkeit wie durch ihr Organisationstalent so vervollkommnet haben, dafs wir sie erst im 19. Jahrhundert überflügelt haben, wie Hueppe[1]) dargelegt hat.

Und unzweifelhaft besteht das gröfste Verdienst der Römer auf dem hygienischen wie auf andern Gebieten darin, dafs sie die sämtlichen Bewohner der Städte in dem grofsen römischen Reiche durch die Macht des Beispiels oder durch Verordnungen veranlafsten, mit ihnen gleichen Schritt zu halten.

Es ist fast unbegreiflich, wie alle diese nützlichen hygienischen Veranstaltungen und Einrichtungen der Menschheit so vollständig aus dem Gedächtnis entschwinden konnten, dafs die

1) Hueppe, Zur Rassen- und Sozialhygiene der Griechen im Altertum und in der Gegenwart, 1897.

ersten 5—6 Dezennien des 19. Jahrhunderts sich allen Ernstes rühmten, auf dem Gebiete der Stadthygiene etwas Originales geschaffen zu haben.

Wir dürfen aber nicht vergessen, dafs die Strafsen der Städte bis in unser Jahrhundert hinein im äufsersten Grade schmutzig waren. Waren doch Paris im Jahre 1641 und London 1605 noch nicht mit der Pflasterung ihrer Strafsen fertig, und hatten doch Berlin und Kopenhagen erst in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts mit einer geordneten Pflasterung begonnen.

Über das Vorkommen löslicher Antimonverbindungen in Kleidungsstoffen.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann** und Dr. **Franz Göbel**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

Die Baumwollfärberei verwendet und verwendete früher in weit gröfserem Umfange Antimonverbindungen, namentlich Brechweinstein, zur Beizung der zu färbenden Stoffe. Bei der bekannten, einst therapeutisch benützten Eigenschaft der Antimonverbindungen Hautentzündungen hervorzurufen (schwere Ekzeme, ja pustulöse Affektionen), ist es nicht zu verwundern, dafs nachlässig hergestellte farbige Stoffe gelegentlich beim Tragen zu Hauterkrankungen führten. Ist die Litteratur auch nicht reich an derartigen Angaben, so enthält sie doch eine Zahl unzweifelhaft festgestellter Fälle.

Besonders beweisend ist der Fall von Kayser, dem ein braunroter Baumwollstoff zur Untersuchung vorlag, welcher zu Hosentaschen Verwendung gefunden und an den Oberschenkeln starke Ekzeme hervorgebracht hatte. Die Untersuchung ergab 85 mg wasserlösliches Antimon pro 100 qcm Stoff. Das Ekzem verschwand wenige Tage nach der Beseitigung der gifthaltigen Taschen. (Rep. f. analyt. Chemie, 1883, p. 121.)

Über antimonhaltige Strümpfe von roter Farbe berichtet Sendtner in seinen Mitteilungen: Erfahrungen auf dem Gebiete der Kontrolle der Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände 1893 im 17. Band dieses Archives. Die Strümpfe erzeugten bei ihren

Trägern heftige Hautausschläge. In einem Fall wurde eine quantitative Antimonbestimmung vorgenommen: 100 qcm Stoff enthielten 22 mg Antimon, ein ganzer Strumpf von 800 qcm 177 mg — wasserlösliches — Antimon. Neben dem Antimon nahm das Wasser reichliche Mengen roten Farbstoffs auf. Auch in Plüschstoffen, namentlich in meergrünen und olivgrünen Nuancen, wie sie als Möbelbezüge sehr beliebt sind, fand Sendtner mehrfach reichliche Antimonmengen, auf die er die Hygieniker aufmerksam machte, ohne selbst Zahlen mitzuteilen. Auch unterliefs Sendtner, anzugeben, ob es sich um wasserlösliche Antimonpräparate handelte.

Von systematischen Untersuchungen über den Antimongehalt von Gespinststoffen konnten wir nur die von Bischoff aus dem Jahre 1883 finden, welcher folgende Angaben macht (Rep. f. anal. Chemie 1883 S. 305).

In kunstgerecht, aber ohne besondere Vorsicht mittels Brechweinstein gebeizten 17 Baumwollgarnen von allen möglichen Farben wurde auf 100 g gefunden:

a) in Wasser löslich	b) in Säure löslich
Spur	110
Spur	260
12 mg	120
Spur	240
Spur	130
8 mg	250
Spur	180
Spur	100
8 mg	220
Spur	244
Spur	310
13,5	300
14,0	200
Spur	36
Spur	110
Spur	121
Spur	200

Bischoff überläfst den Medizinern zu beurteilen, ob solche kleine wasserlösliche Mengen eine Bedeutung haben und bezweifelt, dafs den wasserunlöslichen Mengen überhaupt eine Bedeutung zukommt. Bei der aufserordentlichen Spärlichkeit von Antimonvergiftungen durch Kleidungsstücke ist es kaum zu bezweifeln, dafs für nicht abnorm empfindliche Menschen derartige Antimongehalte, wie sie Bischoff fand, belanglos sein müssen.

Neuere umfassende Arbeiten über den Antimongehalt von Stoffen gelang es uns nicht zu finden. Da aber die Baumwollfärberei mit dem Erscheinen der Sendtnerschen Arbeit vielfach neue Wege eingeschlagen und mit Erfolg in weitem Umfang »direkt färbende«, eine vorhergehende Beizung nicht erfordernde Teerfarbstoffe eingeführt hat, so schien es nicht uninteressant, einmal eine grofse Zahl Baumwollstoffproben einer eingehenden Untersuchung auf wasserlösliche Antimonverbindungen zu unterziehen. Wir beschränkten uns absichtlich auf die Untersuchung von wasserlöslichen Verbindungen, weil noch nie eine Vergiftung auf in Wasser unlösliches Antimon zurückgeführt wurde, trotz der relativ grofsen Mengen Antimon, die mindestens zur Zeit von Bischoffs Untersuchung verbreitet in den Geweben vorkamen[1]).

Für unsere Untersuchungen dienten 41 Stoffproben:

I. 5 Herrenkleider-Futterstoffe (Baumwolle),
II. 9 Möbelripse (Wolle),
III. 4 Baumwollbettstoffe,
IV. 5 Möbelkattune (Baumwolle),
V. 3 Damenkleiderstoffe (Wolle),
VI. 3 Herrenkleiderstoffe (Wolle),
VII. 8 Möbelplüsche (Baumwolle),
VIII. 4 Baumwollstrümpfe.

Die Untersuchungen zerfielen in eine Vorprüfung und eine genaue quantitative Untersuchung, der letzteren wurden nur die Proben unterworfen, bei denen die Vorprüfung wenigstens deutliche Spuren von löslichen Antimonverbindungen ergaben.

1) Nachträglich haben wir noch 25 qcm von
II 6 II 7 VII 8 VII 2 VIII 2 VIII 4
auf Gesamtantimongehalt untersucht. Probe II 6 enthielt reichlich (ca. 1,5 mg) Antimon, andere Proben nichts oder Spuren.

Der Gang der Analysen war folgender:

a) Vorprüfung. Ein lufttrocken gewogenes Stück Stoff von 25—100 qcm und 0,7—4,4 g Gewicht wurde mit 200 ccm Wasser eine halbe Stunde in einer Porzellanschale gekocht, die Flüssigkeit, welche meist kräftig gefärbt war, durch ein Faltenfilter noch warm filtriert und Filter und Tuchstück einige Male mit heifsem Wasser ausgewaschen. Das gesammelte Filtrat wurde erwärmt, mit Salzsäure kunstgerecht angesäuert und längere Zeit Schwefelwasserstoff eingeleitet. Der Niederschlag wurde nach einigen Stunden abfiltriert und mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, das Filtrat wurde auf $^1/_3$ eingeengt und nochmals Schwefelwasserstoff eingeleitet, und ein event. entstandener Niederschlag auf einem besonderen Filter gesammelt. War ein Niederschlag von gelber, gelblicher oder roter Farbe entstanden, so begann

b) die genaue Untersuchung. Der Niederschlag wurde mit gelbem Schwefelammonium $^1/_2$ Stunde im Wasserbad erwärmt, das Schwefelammonium abfiltriert und mit warmem Wasser ausgewaschen. Der Auszug wurde nun zur Trockene verdampft und mit der ca. 7fachen Menge eines Gemisches von Natriumkarbonat (1 Teil) und Natriumnitrat (2 Teile) im bedeckten Porzellantiegel geschmolzen und die Schmelze in warmem Wasser gelöst. In Lösung ging dabei etwa vorhandenes Arsen und ein Teil des Zinns, es blieb zurück Antimon als pyroantimonsaures Natron und ein Teil des Zinns (als Zinnoxyd). Der Filterrückstand wurde nochmals mit Soda und Salpeter geschmolzen, um die letzten Zinnspuren von Antimon zu trennen, und das so gereinigte pyroantimonsaure Natron nach Veraschung des Filters mit Cyankalium geschmolzen. Das erhaltene metallische Antimon wurde in heifser Salzsäure unter Zusatz von etwas $KClO_3$ gelöst, das Chlor verjagt, mit Ammoniak neutralisiert, schwach mit Salzsäure angesäuert und auf 25 ccm aufgefüllt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff wurde nun das Antimon als orangefarbiger feiner Niederschlag erhalten, der sich in den kleinen Mengen, wie er in unseren Proben vorhanden war, nur langsam absetzte und kolorimetrisch genügend genau bestimmt werden konnte. Als Vergleichslösung diente eine Brechweinsteinlösung

mit einem Gehalt von 1 mg Antimon in 1 ccm. Von dieser Lösung setzten wir 0,1 — 0,3 — 0,5 — 1,0 ccm zu 25 Wasser, leiteten Schwefelwasserstoff ein und verglichen den Niederschlag mit dem in unseren Analysen.

Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich sehr kurz mitteilen: Nennenswerte Antimonmengen fanden sich niemals, der Schwefelwasserstoffniederschlag bei der Vorprüfung war nie orange, stets nur gelb oder gelblich und bestand jedenfalls gröfstenteils aus Schwefel, 3 mal wurde ein schwarzer Niederschlag erhalten; derselbe wurde 3 mal nicht weiter untersucht, da der Antimongehalt aller gelben und rötlichen Niederschläge so gering war. Die Angabe über das Gewicht der Schwefelwasserstoffniederschläge beruht auf Schätzung, nachdem einige Niederschläge gewogen waren; diese Zahlen — welche das Gewicht von viel Schwefel einschliefsen — sind ziemlich wertlos und sollen nur eine grobe Orientierung geben.

Tabelle I. **Herrenkleider-Futterstoff.**

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	schwarz	60,0	2,0	schwarz	schwarz	5,0
2	marine	25,0	1,0	dunkelblau . .	»	1,0
3	raye	25,0	0,7	» . .	0	—
4	heliotrop . . .	45,0	1,0	purpurrot . . .	0	—
5	erdbeerrot . . .	60,0	1,0	zinnober . . .	0	—

Tabelle II. **Möbel-Ripse.**

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg	Im Niederschlag Antimon
1	olive-grün	90,0	3,3	dunkelgrün	schwarz	1,0	0
2	grün	72,0	2,2	grün	»	0,5	0
3	olive-grün mit bunt	72,0	4,2	hellrot	gelblich	2,0	0
4	rot	81,0	2,6	»	»	2,0	0
5	granatrot	90,0	2,6	»	»	3,0	0,1
6	»	90,0	2,4	»	»	1,0	0,15
7	rot	96,0	2,8	»	»	0,5	0
8	hellgrün	90,0	2,8	hellgrün	0	—	—
9	dunkelgrün	90,0	2,7	dunkelgrün	0	—	—

Tabelle III.

Baumwoll-Bettstoff.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	rot-carreau	100,0	2,2	farblos	gelblich	0,2
2	blau-carreau	74,0	1,5	»	»	0
3	rosa-carreau	81,0	1,8	Stich ins Rote	0	—
4	rot und blau carreau	70,0	1,3	Stich ins Gelbe	0	—

Tabelle IV.

Möbel-Kattun.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	olive-bunt	48,0	1,3	hellgrün	0	—
2	marine-bunt	56,0	0,7	»	0	—
3	schwarz-bunt	48,0	0,6	rot	0	—
4	hellblau-bunt	50,0	1,6	farblos	0	—
5	crême-bunt	64,0	1,6	grün	0	—

Tabelle V.

Damenkleiderstoff.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	blau	35,0	0,8	hellblau	0	—
2	»	35,0	0,7	dunkelblau	0	—
3	grün	35,0	0,8	dunkelgrün	0	—

Tabelle VI.

Herrentuche.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	blau-grau	50,0	2,1	violett	0	—
2	hellgrau	50,0	1,8	Stich ins Blaue	0	—
3	dunkelgrau	50,0	1,8	dunkelblau	0	—

Tabelle VII.

Möbelplüsch.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg
1	terracotta . . .	65,0	3,7	hellrot	gelblich	1,0
2	olive	65,0	4,4	grün	»	2,0
3	grün	65,0	4,1	»	»	0,5
4	dunkel-olive . .	65,0	4,0	Stich ins Grüne .	0	—
5	dunkelrot . . .	65,0	3,4	purpurrot . . .	0	—
6	hellrot	65,0	3,8	farblos	0	—
7	grün	65,0	4,6	»	0	—
8	olive	65,0	1,3	grün	schwarz	3,0

Tabelle VIII.

Strümpfe.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H_2S-Niederschlag Farbe	ca. mg	Antimon
1	hellrot . . .	60,0	3,2	rot	0	—	—
2	dunkelrot . .	60,0	2,3	»	0	—	—
3	grau	48,0	1,5	farblos . . .	0	—	—
4	dunkelrot . .	70,0	2,7	rot	rot	1,0	0,2

Zur Kontrolle dieser fast ganz negativen Ergebnisse haben wir ein Stück Baumwollstoff in 1‰ Brechweinsteinlösung eingetaucht und ausgedrückt. Ein Stück von 50 qcm wurde direkt, ein anderes nach kurzem Auswaschen mit Wasser so behandelt wie unsere Stoffproben, schon einige Kubikcentimeter der Auskochung beider Proben, auch der zweiten, gab einen orangefarbenen Niederschlag, wie wir ihn nie, auch nur annähernd sonst bei unseren Untersuchungen gesehen haben.

Es folgt also aus unseren Untersuchungen, dafs es jedenfalls zu den grofsen Ausnahmen gehört, wenn Stoffproben heute nennenswerte Mengen wasserlöslicher Antimonsalze enthalten — wir haben keine derartige Probe gefunden, vielmehr ausschliefslich Antimonspuren, die man als belanglos bezeichnen kann, d. h. Mengen von 0,1 bis 0,3 mg in 100 qcm Stoff oder etwa 4—10 mg in 100 g.

Über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann**
in Würzburg.

Nach in Gemeinschaft mit den Herren Dr. **Felix Meyer** aus Magdeburg und Dr. **Moritz Götz** aus Fischach ausgeführten Untersuchungen.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

I. Vorbemerkung und Methode.

Durch Versuche, welche von Dr. J. Gaudenz auf meine Veranlassung und unter meiner Leitung angestellt wurden, ergab sich meines Wissens zum ersten Mal ein klarer Einblick in die Zerkleinerung unserer Speisen beim normalen Kauakt (Arch. f. Hygiene Bd. XXXVIII, 230). Es lag nahe im Anschlufs an diese Ergebnisse die wichtige Frage einmal genau zu untersuchen, welchen Einflufs denn der Grad der Zerkleinerung auf die Verdauung besitzt.

Die Versuche[1]) wurden alle in vitro angestellt mit bestimmten Mengen des Nahrungsmittels, das eine möglichst ziffermäfsig angebbare Zerkleinerung erfahren hatte; es wurden möglichst gute Fermente, optimale Temperaturen angewendet und stets eine Reihe von Versuchen mit verschiedenem Zerkleinerungsgrad

1) Ausführliche Mitteilungen über die Versuche enthalten die Dissertationen:

Dr. Felix Meyer: Über die Bedeutung des Kochens und Kauens kohlehydrathaltiger Nahrungsmittel für die Verdauung. Würzburg, 1900.

Dr. Moriz Götz: Über die Bedeutung der Zerkleinerung von Speisen für die Pepsinverdauung des Eiweifses. Würzburg, 1901.

aber gleicher Dauer gleichzeitig ausgeführt. Die Wirkung der Fermente wurde stets durch Bestimmung des in Lösung gegangenen Produktes vorgenommen.

Von ähnlichen Versuchen ist uns in der Litteratur nichts bekannt geworden, jedenfalls bringen auch die grofsen und mittleren Lehrbücher der Physiologie und Hygiene über diese Frage nicht viel mehr als die auf aprioristischer Überlegung begründete Angabe, dafs gutes Kauen die Verdauung günstig beeinflusse. Vielfach findet sich die Beobachtung von Ärzten und Zahnärzten citiert, dafs ein künstliches Gebifs bei Menschen mit defekten Zähnen und infolgedessen darniederliegender Verdauung Wunder gewirkt habe durch Verbesserung der Ernährung. Es wird bei diesen Fällen allerdings stets zu unterscheiden sein zwischen Verbesserung der Ausnutzung der Speisen durch bessere Zerkleinerung, geringere Belästigung des Verdauungsapparates durch die feiner gekaute Nahrung und dem mindestens ebenso wichtigen Faktor: Erleichterung der Aufnahme gröfserer Speisemengen durch Beseitigung schmerzender Zähne.

2. Versuche über Eiweifsverdauung.

Zu den Versuchen diente frisch von Grübler bezogenes Pepsinum . . . Der Brutschrank zeigte 36—37°; es wurde die verdaute Masse stets gemessen und die Untersuchungen auf Stickstoff nach Kjeldahl in einem aliquoten abfiltrierten Teil des Filtrates vorgenommen.

a. Versuche mit hartgekochtem Hühnereiweifs.

Angewendet wurden stets 5 g hartgekochtes Hühnereiweifs = 0,795 g trockenes Eiweifs. Da uns eingehendere Erfahrungen fehlten über die geeignetsten Mengen Pepsin und Salzsäure, sowie über die zweckmäfsigste Versuchszeit, so wurden zuerst eine Reihe Orientierungsversuche angestellt. Die drei Zerkleinerungsgrade waren folgende:

1. Würfel von 1 cm Seitenlänge
2. Würfel von ca. 1 mm Seitenlänge
3. in der Reibschale so fein als möglich zerriebenes Eiweifs.

Alle Versuche wurden doppelt angestellt, die Zahlen der Kontrollversuche stimmten ausnahmslos vorzüglich mit denen der Hauptversuche. Die Resultate der sieben doppelt ausgeführten Eiweifsversuche sind folgende:

Tabelle I.

Versuche mit gekochtem Hühnereiweifs.

Versuchsnummer	Dauer	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweifs in %		
		1‰ Normal HCl cbm	1‰ Pepsinlösung cbm	Wasser cbm	aus groben Würfeln	aus feinen Würfeln	aus zerriebenem Eiweifs
Versuch I . . .	½ h	20	10	10	9	13	20
Kontrollversuch Ia	½ h	20	10	10	9	14	19
Versuch II . . .	3½ h	20	10	10	16	38	56
Kontrollversuch IIa	3½ h	20	10	10	16	38	57
Versuch III . . .	7 h	20	10	10	22	40	58
Kontrollvers. IIIa	7 h	20	10	10	21	40	58
Versuch IV . . .	14 h	20	10	10	48	73	83
Kontrollvers. IVa	14 h	20	10	10	48	73	84
Versuch V . . .	7 h	40	20	20	30	47	66
Kontrollversuch Va	7 h	40	20	20	32	49	66
Versuch VI . . .	7 h	20	20	10	29	69	74
Kontrollvers. VIa	7 h	20	20	10	29	68	73
Versuch VII . .	7 h	40	10	20	26	45	53
Versuch VIIa . .	7 h	40	10	20	27	43	52

Drückt man die Hauptresultate der Tabelle graphisch aus, so ergibt sich das in Fig. 1 auf S. 126 Dargestellte.

Das heifst: Die Wirkung der Zerkleinerung auf die Löslichkeit ist eine höchst auffallende, nicht nur fördert die Zerkleinerung der groben Würfel mit 1 cm Seitenlänge zu solchen von 1 mm Seitenlänge die Verdaulichkeit sehr bedeutend, nein, die Zerreibung vergröfsert die Geschwindigkeit der Verdauung abermals aufserordentlich. Bei jeder Versuchsdauer liegt die Menge des aus den feinen Eiweifswürfeln in Lösung gegangenen Eiweifses fast genau in der Mitte zwischen dem aus den groben Würfeln und dem aus dem fein zerriebenen Material Gelösten.

Auffallend ist, dafs im Versuch II trotz nur $3^1/_2$ stündiger Versuchsdauer fast ebensoviel Eiweifs in Lösung ging wie im Versuch III bei 7 stündiger Versuchsdauer; ob hieran eine Unregelmäfsigkeit im Funktionieren des Brutschranks oder sonst etwas Schuld war, ist aus unseren Protokollen nicht nachträglich zu ersehen.

In einer zweiten graphischen Darstellung haben wir die Versuche von 7 stündiger Dauer, aber unter Verwendung verschieden

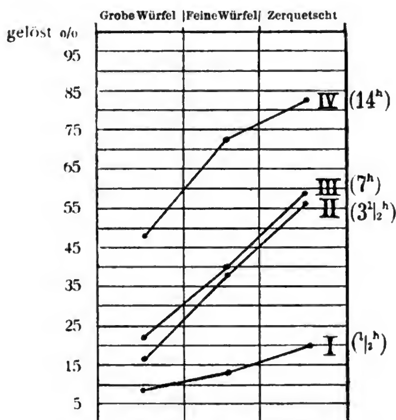


Fig. 1.

grofser Mengen von Pepsin und Salzsäure zusammengestellt. Grofse Unterschiede traten zwischen Versuch III, V und VII nicht hervor, das auffallend bessere Resultat von VI scheint zu bedeuten, dafs bei Anwesenheit genügender Salzsäuremengen der Erfolg von dem prozentischen Gehalt der Verdauungsflüssigkeit an Pepsin abhängt.

Versuch III und V mit ganz gleichartig zusammengesetzter Verdauungsflüssigkeit, aber unter Verwendung sehr verschiedener Mengen vorgenommen, zeigt die mäfsige Begünstigung durch Ver-

mehrung der Verdauungsflüssigkeit. Mit Ausnahme von VI zeigen alle Kurven einen ziemlich geradlinigen Verlauf, es steht also unter den verschiedensten Versuchsbedingungen fast jedesmal die Wirkung der feinen Zerkleinerung gerade in der Mitte zwichen der Wirkung der Zerschneidung zu groben Würfel und der Zerreibung.

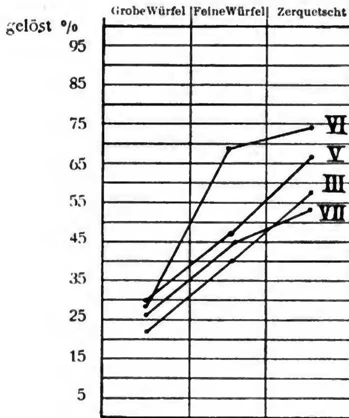


Fig. 2.

b. Versuche mit Fleisch und Käse.

Sehr leicht und genau waren die Versuche mit Käse anzustellen; derselbe liefs sich besonders exakt in Würfel und Würfelchen schneiden, ebenso auf dem Reibeisen reiben (als »gerieben« bezeichnet), wie in der Reibschale zerreiben (als »zerrieben« bezeichnet), die Wirkung der Zerkleinerung war sehr auffallend.

Die Versuche mit Fleisch waren um so schwieriger. Es wurden stets 5 g roh abgewogen und dasselbe teils roh, teils nach ½ stündiger Behandlung im Koch'schen Dampftopf zu zerkleinern versucht. Sowohl die groben Würfel wie die feinen, 1 mm Seitenlänge zeigenden Würfel waren nur sehr ungenau herzustellen.

Die Zerreibung wollte überhaupt nur gelingen, wenn man das Fleisch vorher fein zerschnitt. Die Thatsache, dafs das Zerreiben der feinen Würfelchen die Ausnutzung nur einmal schwach günstig, dreimal schwach ungünstig beeinflufste, ist offenbar auf Mängel der Methodik zu beziehen, und es erscheint richtiger, unter diesen Umständen auf die Fleischzerreibungsversuche nicht viel Wert zu legen. Die Einzelheiten ergeben sich aus Tabelle II.

Tabelle II.

Versuche mit Fleisch und Käse.

Versuchsnummer	Zeit	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweifs			
		$^1/_{10}$ Normal HCl cbm	1‰ Pepsinlösung cbm	Wasser cbm	aus grofsen Würfeln %	aus feinen Würfeln %	aus geriebenem Material %	aus zerriebenem Material %
Emmenthalerkäse (5 g)								
Versuch VIII . .	$3^1/_2$ h	20	10	10	18	25	35	37
Kontrollvers. VIIIa	$3^1/_2$ h	20	10	10	18	25	35	37
Rohes mageres Rindfleisch (5 g = 1,26 g trockenes Eiweifs)								
Versuch IX . .	$3^1/_2$ h	20	10	10	27	43	—	40,1
Kontrollvers. IX a	$3^1/_2$ h	20	10	10	27	43	—	45,5
Gekochtes mageres Rindfleisch (roh 5 g = 1,26 g trockenes Eiweifs)								
Versuch X . . .	$3^1/_2$ h	20	10	10	15	23	—	20
Kontrollvers. X a .	$3^1/_2$ h	20	10	10	15	23	—	22

Sehr auffallend ist, wie viel langsamer das gekochte Fleisch ceteris paribus in vitro angegriffen wird als der rohe.

c. **Versuche mit Vegetabilien (Erbsen, Graubrot, Pfannkuchen).**

Die Erbsen wurden 5 Stunden im Dampftopf gedämpft und waren dann sehr leicht zu zerreiben. Wir verglichen ganze Erbsen, achtel Erbsen (diese Fragmente waren erheblich gröfser als 1 cmm) und zerriebene Erbsen. Der relativ geringe Unterschied in der Eiweifslösung ist wohl darauf zurückzuführen, dafs die Erbsen sehr weich gekocht waren, so dafs auch die ganzen Erbsen fast von selbst zerfielen.

Über die Brotversuche ist nicht viel Besonderes zu sagen; hier erklärt sich der relativ geringe Unterschied zwischen der

Eiweifslösung aus den grofsen und kleinen Würfeln wohl durch die grofse Porosität des Brotes.

Bei Pfannkuchen hatten die gröfsten Stücke nur 400 – 600 cmm Inhalt; die 1 mm grofsen Würfelchen waren nur annähernd herzustellen, und die feinste Zerkleinerung mit dem Wiegemesser war natürlich auch bei weitem keine ideale, immerhin beweisen auch diese Versuche, was sie sollen, schlagend.

Tabelle III.

Versuchsnummer	Zeit	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweifs		
		1/10 Normal HCl cbm	1‰ Pepsinlösung cbm	Wasser cbm	aus grofsen Würfeln (ca. 1 ccm) %	aus feinen Würfeln (ca. 1 cmm) %	aus zerriebenem Material %
Gelbe Erbsen (5 g lufttrocken = 0,985 g Eiweifs)							
Versuch XI . . .	3½ h	20	10	10	13	16	25
Kontrollvers. XIa .	3½ h	20	10	10	13	16	25
Graubrot (8 g lufttrocken = 0,648 g Eiweifs)							
Versuch XII . .	6 h	40	10	20	41	46	61
Kontrollvers. XIIa	6 h	40	10	20	40	46	61
Pfannkuchen (7 g frisch = 0,623 g Eiweifs)							
Versuch XIII . .	3½ h	20	10	10	17	31	39
Kontrollvers. XIIIa	3½ h	20	10	10	18	33	41

3. Versuche über Lösung von Kohlehydraten.

Etwas komplizierter als für die Eiweifskörper gestaltete sich die Untersuchung für die Kohlehydrate, weil hier wasserlösliche Stoffe neben solchen in Frage kommen, welche erst nach Einwirkung diastatischer Fermente löslich werden. Aufserdem schien es geboten, den Einflufs des Kochens der vegetabilischen Nahrung auf die Löslichkeit der Kohlehydrate mit zu studieren. Es ergaben sich also folgende Aufgaben:

I. Versuchsreihe:

a) Die Zuckermenge zu bestimmen, die aus rohen zuckerhaltigen Nahrungsmitteln bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung in Lösung geht;

b) Bestimmung der gelösten Zuckermenge nach Kochen der Nahrungsmittel bei im übrigen gleicher Versuchsanordnung.

II. Versuchsreihe:

a) Die Zuckermenge zu bestimmen, welche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung von Malzdiastase in bestimmter Zeit aus mehlhaltigen rohen Nahrungsmitteln entsteht;

b) dieselben Versuche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung des Kochens.

Als Zerkleinerungsgrade wurden, soweit es anging, wieder gewählt Würfel von 1 ccm, von 1 cmm und fein zerriebenes Material.

a. Versuche über die Auslaugung wasserlöslicher Zuckerarten aus rohen und gekochten Vegetabilien bei verschiedener Zerkleinerung.

Zu den Versuchen dienten Äpfel und gelbe Rüben. Die verschieden stark zerkleinerten Proben blieben mit je 50 ccm Wasser 1/2 Stunde im Brutschrank, die Flüssigkeit wurde rasch filtriert und das Filter so lange nachgewaschen, dafs 60 ccm Filtrat entstand. Der Zucker der Äpfel wurde als eine Mischung von Dextrose und Lävulose angesehen, die Zuckerbestimmung deshalb durch direkte Reduktion von Fehlingscher Lösung mit dem zuckerhaltigen Auszug vorgenommen. Bei den gelben Rüben wurde ein Versuch auch in dieser Weise angestellt — die spärliche Zuckerausbeute bewies aber, dafs der Zucker hier jedenfalls vorwiegend als Rohrzucker vorhanden ist. Es wurde daher in einem zweiten Versuch der Zucker nach der Zollinversionsmethode kunstgerecht invertiert, der Invertzucker zur Kupferreduktion verwendet und das reduzierte Kupfer auf Rohrzucker berechnet. Die Bestimmung des reduzierten Kupfers fand stets nach der jodometrischen Methode statt, welche sich auch hier wieder vorzüglich bewährte. Von den Rüben wurde nur die an Saft und Zucker reiche Aufsenzone verwendet. Die gekocht untersuchten Proben wurden roh zurechtgeschnitten oder zerrieben und dann im Dampftopf gekocht.

Tabelle IV.

Versuchsnummer	Versuchsdauer	Wassermenge	Gelöster Zucker in Gramm auf 100 g Nahrungsmittel		
			aus grofsen Würfeln ca. 1 ccm	aus kleinen Würfeln ca. 1 cmm	aus zerriebenem Material
10 g Apfel (roh)					
Versuch XIV . .	1/2 h	50 ccm	1,7 g	5,0 g	8,1 g
10 g Apfel (nach der Präparation gekocht)					
Versuch XV . .	1/2 h	50 ccm	3,5 g	8,9 g	13,2 g
10 g gelbe Rüben (roh). Nur der direkt reducierende Zucker bestimmt					
Versuch XVI . .	1/2 h	50 ccm	Spur	Spur	1 g
10 g gelbe Rüben (nach der Präparation 45 Min. in Dampf gekocht). Nur der direkt reducierende Zucker bestimmt					
Versuch XVII .	1/2 h	50 ccm	0,5 g	0,5 g	2 g
10 g gelbe Rüben (roh). Zucker nach der Inversion bestimmt und als Rohrzucker ausgedrückt					
Versuch XVIII .	1/2 h	50 ccm	0,63 g	1,71 g	8,2 g
10 g gelbe Rüben (nach der Präparation 60 Min. in Dampf gekocht). Zucker nach der Inversion bestimmt und als Rohrzucker ausgedrückt					
Versuch XIX . .	1/2 h	50 ccm	1,58 g	6,1 g	9,23 g

Aus der Tabelle ergibt sich, wie erwartet, ein starker Einflufs der Zerkleinerung, und namentlich für die gröberen Partikel ein sehr erheblicher Einflufs des Kochens, bei dem fein zerriebenen Material ist, wie zu erwarten, der Einflufs des Kochens ein geringerer.

b. Versuche über die Bildung von Zucker aus rohen und gekochten stärkereichen Vegetabilien bei verschiedener Zerkleinerung.

Die Versuche sind mit jungen italienischen Kartoffeln und mit Maccaroni angestellt. Als Ferment wurde eine einprozentige Diastaselösung verwendet, hergestellt aus frisch von Grübler be-

zogener Diastase. Die Diastaselösung liefsen wir 1 Stunde im Brutschrank bei 37° einwirken und unterbrachen dann die weitere Diastasewirkung durch Zusatz von 3 ccm starker Salzsäure; jetzt wurde filtriert und durch Nachwaschen das Filtrat auf 100 gebracht. Von diesen 100 ccm wurden je nach dem zu erwartenden Zuckergehalt kleinere oder gröfsere Proben kunstgerecht mit Fehlingscher Lösung 4 Minuten lang gekocht unter der Annahme, dafs Maltose gebildet sei. Diese Annahme ist natürlich nur annähernd richtig, es schadet dies jedoch nichts, denn wir brauchen ja nur relative Werte.

Tabelle V.

Versuchsnummer	Versuchsdauer	1% Diastaselösung ccm	Gelöster Zucker (Maltose) in Gramm, auf 100 g Nahrungsmittel berechnet		
			aus grofsen Würfeln ca. 1 ccm	aus kleinen Würfeln ca. 1 cmm	aus zerriebenem Material
10 g Kartoffeln (roh)					
Versuch XX	1 h	50	0 g	0,9 g	1,7 g
Kontrollversuch XXa .	1 h	50	0 g	0,4 g(?)	1,7 0
10 g Kartoffeln (nach der Präparation im Dampftopf gekocht)					
Versuch XXI	1 h	50	0,6 g	5,9 g	10,1 g
Kontrollversuch XXIa .	1 h	50	0,4 g	5,8 g	10,1 g
5 g Maccaroni (lufttrocken, roh)					
Versuch XXII	1 h	50	0,6 g	0,9 g	2,4 g
Kontrollversuch XXIIa	1 h	50	0,6 g	0,9 g	2,4 g
5 g Maccaroni (lufttrocken präpariert, dann in Dampf gekocht)					
Versuch XXIII . . .	1 h	50	1,5 g	5,3 g	17 g
Kontrollversuch XXIIIa	1 h	50	1,5 g	5,9 g	15 g

Diese Zahlen zeigen wieder den enormen Einflufs der Zubereitung und Zerkleinerung auf die Raschheit der Verdauung der Speisen. Die Verzuckerung der gekochten Speisen ist etwa fünfmal rascher als die der rohen, die Verzuckerung der fein zerriebenen 5, 10, ja 20 mal gröfser als der grob zerkleinerten Speisen. Durch Kochen und feines Zerkleinern kann die Zuckerbildung auf das 30—100fache gesteigert werden.

Schlufs.

Die Arbeit hat in schlagender Weise die Bedeutung der Zerkleinerung für die Lösung und Verdauung von Eiweifskörpern und Kohlehydraten aus unserer Nahrung dargethan. Besonders wichtig erscheint, dafs meist zwischen der mittelfeinen (ca. 1 mm) Zerkleinerung und der feinsten Zerreibung noch ein erheblicher Unterschied besteht. In der Mehrzahl der Versuche stellen die Werte der Lösungszahlen von Eiweifskörpern oder Kohlehydraten bei der Zerkleinerung zu ca. 1 cmm grofsen Stückchen ungefähr das Mittel dar zwischen denen, die bei grober Zerkleinerung und feinster Zerreibung erhalten werden. Es ist also nicht überflüssig oder gleichgültig, dafs unsere Zähne, wie Gaudenz gezeigt hat, einen sehr erheblichen Teil der Nahrung aufserordentlich fein zerkleinern, und dafs gröbere Teile beim Schlucken im Munde zurückbehalten, gewissermafsen abfiltriert werden. Die Bedeutung eines guten Gebisses und einer richtigen Benutzung desselben ist augenfällig und bisher eher unterschätzt als überschätzt. Die Bedeutung des Kochens tritt bei den Vegetabilien sehr stark hervor, weil hier durch Quellen der Stärke zu Kleister einmal die Zellwände gesprengt werden, und weil zweitens die verkleisterte Stärke von den Verdauungssäften viel energischer angegriffen wird als die rohe. Sehr einleuchtend erscheint umgekehrt nach diesen Ergebnissen, dafs derbe Kost, die beim Kauen nicht sehr fein zerlegt wird, z. B. grobes Schrotbrot, längere Zeit hindurch im Magen verweilt, da sie langsamer gelöst wird. Eine solche Kost läfst längere Zeit das Gefühl der Sättigung andauern und wird deshalb vielfach in ihrem Nährwert überschätzt.

Über die Wirkung des Einlegens von Fleisch in verschiedene Salze.

Von

Dr. phil. **Kuschel,**

früher Assistent am hygienischen Institut der Universität Berlin.

Eine der ältesten Konservierungsmethoden des Fleisches besteht in dem Einlegen des letzteren in Kochsalzlaken oder in dem Überstreuen mit gepulvertem Kochsalz unter Beigabe von etwas Salpeter.

Das Eindringen dieser Salze in Fleisch ist vor Jahren im hiesigen Institut von Nothwang einer näheren systematischen Untersuchung unterzogen worden. Bei der Untersuchung verschiedener Handelswaren, von Schinken, Corned Beef, Kasseler Rippespeer, hat sich herausgestellt, dafs der Kochsalzgehalt der frischen Ware sich zumeist zwischen 1,8—5,9% NaCl bewegt und nur in einem einzigen Falle wurden 8,8% an Salz gefunden.

Äufserst gering war im Verhältnis hierzu der Salpetergehalt, von Spuren bis 0,33%, welch letztere Zahl nur in einem Falle beobachtet wurde.

Aus den systematischen Versuchen über Pökelung, welche namentlich beim einfachen Bestreuen mit Salz sehr hohe Kochsalzwerte schon nach 8tägiger Berührung mit Salz ergaben, zeigte sich, dafs im allgemeinen verdünnte Laken in Benutzung genommen werden mufsten. Bei dem Salpeter zeigte sich bei verdünnten Laken die Eigentümlichkeit, dafs der Salpetergehalt kaum weitere Zunahme mit der Zeit aufwies, sondern bei noch steigendem Kochsalzgehalt sogar zurückging, wodurch sich der

wechselnde Befund an Salpeter in der Handelsware ebensowohl wie aus den ungleichen Zusammensetzungen der Laken erklären dürfte. Die Ergebnisse bewiesen, dafs man die Aufnahme an Salpeter mit Schinken und Pökelfleisch sehr überschätzt hat.

In neuerer Zeit sind mehrfach auch andere Salze dem Fleisch, wie man sagt zu Konservierungszwecken, zugesetzt worden. Es hatte daher ein Interesse, zu erfahren, wie sich in vergleichenden Versuchen das Eindringen verschiedener Salze mit Bezug auf das Fleisch verhält. Es war zu erwarten, dafs die Salze eine sehr ungleiche Einwanderungsgeschwindigkeit zeigen würden, und der Endeffekt je nach der Natur der Salze ein ungleicher werden würde.

In Vorversuchen, welche von Herrn Geh. Rat Rubner angestellt worden waren, hatte sich eine grofse Verschiedenheit im Austrocknungsvermögen der Salze für Fleisch ergeben. Die Stufenleiter der Salzwirkung war so, dafs bei mittlerer Temperatur des Laboratoriums Borax und Salpeter am wenigsten, etwas mehr Borsäure, am stärksten aber schwefligsaures Natron und Kochsalz wasserentziehend wirkten.

In allen Fällen, aufser bei Kochsalz, war Ammoniakentwickelung aufgetreten, die sich im geschlossenen Gefäfse auf eingehängtem Curcumapapier geltend gemacht hatte.

Auch die Beschaffenheit der Fleischsorten in Bezug auf ihr Aussehen war verschieden.

Das Borsäurefleisch hatte einen etwas muffigen Geruch, war sehr weich, bräunlich und auf der Schnittfläche hellbraunrot.

Bei dem Boraxfleisch war gleichfalls die Aufsenseite bräunlich, die Schnittfläche etwas mehr hellrot als im vorigen Fall und ein Geruch nicht wahrnehmbar.

Beim Salpeterfleisch war der Geruch nach Ammoniak direkt wahrnehmbar, die äufsere Seite braun, die Schnittfläche rot.

Das Kochsalzfleisch war aufsen graubraun, innen braunrot.

Das schwefligsaure Natron machte das Fleisch hellrot in allen Teilen; das Fleisch roch dabei auffallend nach Äpfeln.

Bei der Borsäure war wenig Saft in die pulverige Substanz übergetreten. Der Borax war in der Nähe des Fleisches etwas

rötlich, aber es war gleichfalls kein Zerfliefsen desselben eingetreten.

Beim Salpeterversuch war das Salz zum Teil zerflossen.

Das schwefligsaure Salz war stark mit einer bräunlichroten Flüssigkeit durchsetzt und aufserdem zu einem grofsen Teil verflüssigt.

Bei dem Kochsalzversuch lag das Fleisch in einer braunen Lake; es liefsen sich von 150 g Fleisch ca. 24 ccm derselben abgiefsen.

Die Veränderungen des Fleisches in den Salzen sind demnach, wie schon diese Vorversuche des Herrn Geh. Rats Rubner lehrten, sehr ungleich, und es war daher von Interesse, diese Frage einer weiteren systematischen Untersuchung zu unterziehen.

Man konnte hinsichtlich eines Vergleiches über das Eindringen der Salze einmal von Laken bestimmter Konzentration ausgehen; doch waren es Gründe mehr praktischer Natur, welche es besser erscheinen liefsen, die Veränderungen des Fleisches zu studieren, wenn dasselbe in die gepulverten Salze direkt eingelegt wird. In der That wird ja eine solche Salzlagerung zum Teil praktisch geübt; dann aber ist bei dem Einlegen in Salz die kräftigste Wirkung in kürzester Zeit zu erwarten, was die Ausführbarkeit der Versuche erleichtert.

Bezüglich der Wahl der Zeit, während welcher die Salze einwirken sollten, gaben die Versuche von Nothwang auch die nötige Grundlage. Es ist durch dieselben gezeigt worden, dafs der Einflufs der Salze in der ersten Woche der gröfste ist, und später die im Fleisch abgelagerten Salzmengen sich nur langsam ändern.

Die Versuchsanordnung war in allen Fällen folgende:

Es wurden ca. 150 g schwere, vorher gewogene, möglichst kubisch geschnittene Fleischstücke eines des Abends vorher geschlachteten Tieres (Rind) in cylindrischen, mit Kork verschlossenen Glasgefäfsen in die betreffende Substanz vollkommen eingebettet und 8 Tage lang in dieser Weise aufbewahrt; und zwar Versuchsreihe 1 und 2 bei Zimmertemperatur (18—20°), 3 und 4

bei Eisschrank- (ca. + 4°) und 5 und 6 bei Brutschranktemperatur (37°). Nach Verlauf dieser 8 Tage wurden die Fleischstücke herausgenommen, durch Abspritzen mit der Spritzflasche von den aufsen anhaftenden Salz- resp. Borsäureteilen befreit, zwischen Filtrierpapier gut getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust des Fleisches ist, wie aus anderen Versuchen bei der Pökelung u. s. w. bekannt ist, und wie der unmittelbare Anblick der bei den verschiedenen Salzen entstehenden Laken lehrt, nicht nur Wasserverlust, sondern auch Verlust an Eiweifs und Extraktivstoffen. Ich habe aber darauf verzichtet, auf die nähere Untersuchung der in das anliegende Salz ausgeschiedenen Substanzen einzugehen.

Die Angaben über den Gewichtsverlust beziehen sich auf das ganze zur Anwendung gekommene Fleischstück; ganz offenkundig bestehen aber Unterschiede zwischen Kern- und Rindensubstanz; die Veränderungen der Rindensubstanz sind so grofse, dafs das Fleisch ein völlig fremdes Aussehen gewinnt und für den Kochgebrauch meist nicht in Anwendung gezogen werden dürfte. Das Interesse konzentriert sich demnach auf den Kern der Fleischstücke. Es wurden daher zur Feststellung der aufgenommenen Salzmenge alle äufseren Fleischteile entfernt und nur ein ca. 15 g schweres Mittelstück zur Untersuchung verwendet.

I. Versuche mit Borsäure. $B(OH)_3$.

Das Fleisch zeigte nach der Entnahme aus der Borsäure und Abspülen mit Wasser im allgemeinen folgendes Aussehen:

Äufseres hellgrau, trocken; auf dem Durchschnitt war zunächst eine ca. 5 mm breite, der äufseren Rinde entsprechende, schwach schillernde Zone zu erkennen, tiefer innen war das Fleisch hellblafsrot, feucht. Es machte im ganzen den Eindruck eines längere Zeit aufbewahrten, gewöhnlichen rohen Fleisches.

Die bei Brutschranktemperatur aufbewahrten Stücke zeigten insofern einen Unterschied von den vorigen, als sie aufsen grau aussahen, etwa wie ausgekochtes Fleisch; das Innere war rosafarben. Geruch nicht wahrnehmbar. Das mit dem Fleisch in direkter Berührung gestandene Borsäurepulver war durch

ausgetretene Fleischflüssigkeit etwas grau verfärbt. Die Reaktion des Fleisches war schwach sauer.

Die Borsäure wurde nach dem Jörgensenschen Verfahren bestimmt und die von Beythien und Hempel[1]) gemachten Erfahrungen verwertet. Hierbei will ich bemerken, dafs auch ich bei zwei von mir angestellten Kontrollversuchen recht brauchbare Resultate gefunden habe.

Es wurde also, um das Verfahren kurz zu erläutern, das zerkleinerte Mittelstück mit heifsem Wasser völlig extrahiert, abfiltriert, das Filter nachgewaschen und das Volumen auf 1 l aufgefüllt. 200 ccm dieses Filtrats wurden mit Natronlauge stark alkalisch gemacht, eingedampft und schliefslich im Porzellantiegel geglüht, bis die durch das Auswaschen des Fleisches in das Filtrat mit übergegangenen Extraktivstoffe verascht waren. Die Asche wurde mit Schwefelsäure aufgenommen und die Lösung mit $^1/_{10}$ N.NaOH genau neutralisiert. Nach Zusatz von 25 ccm Glycerin wurde mit $^1/_{10}$ N.NaOH die Borsäure titriert (0,1 Borsäure = 15,9 $^1/_{10}$ N.NaOH).

Das Ergebnis der Analysen wird am besten durch folgende Tabelle veranschaulicht:

Tabelle I.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in $B(OH)_3$ nach 8 Tagen in Prozent bei			b. Gefundene Menge $B(OH)_3$ in Prozent bei			c.[2]) Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefundene Menge $B(OH)_3$ berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei		
		Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°
1	23,32	—	3,91	—	—	3,57	—	—	7,48	—	—	3,43	—
2	22,87	—	5,56	—	—	4,14	—	—	9,78	—	—	3,91	—
3	23,38	2,24	—	16,84	2,68	—	4,98	4,92	—	21,82	2,62	—	4,14
4	24,4	3,72	—	18,66	3,32	—	5,3	7,04	—	23,96	3,19	—	4,31

Zu dieser Tabelle sei, ebenso wie zu den später folgenden, an dieser Stelle ein für allemal bemerkt,

1) Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genufsmittel, 1899, 48.

2) Unter »Wasserverlust« ist stets der Verlust an Eiweifs- und Extraktivstoffen inbegriffen.

dafs die Rubriken a und b durch die Analyse, die Rubriken c und d rechnerisch aus den Rubriken a und b gefunden wurden. Der Gewichtsverlust (Rubrik a) ist entstanden durch Wasseraustritt und einen geringeren Säure- resp. Salzeintritt. Ist die aufgenommene Salz- resp. Säuremenge bekannt, so ergibt sich durch Addition dieser (Rubrik b) mit dem Gewichtsverlust (Rubrik a) der Wasserverlust. Rubrik d ergibt sich durch Umrechnung der Zahlen der Rubrik a.

Der Grad der Austrocknung durch Borsäure ist demnach bei niedriger Temperatur unbedeutend; erst bei Brutschrank-Temperatur wird er wesentlich höher und beträgt ungefähr $^1/_4$ des Gesamtgewichtes des Fleisches. Die Borsäureaufnahme ist im Vergleich zu der geringen Löslichkeit der Borsäure eine erhebliche (100 g Wasser von 5^0 lösen 2,4 g Borsäure, von 20^0 3,99 g). Berücksichtigt man, dafs das Fleisch im Durchschnitt 76 $^0/_0$ Wasser enthielt, so kann man für die Einwanderung der Borsäure in das Fleisch den Wassergehalt des Fleisches allein nicht für genügend erachten, um die gefundenen Mengen Borsäure in gelöster Form aufzunehmen.

Die auf diese Weise in Borsäure aufbewahrten Fleischstücke sahen, abgesehen von ihrer äufseren etwas grauen Verfärbung, auch nach 2—3tägiger Lagerung an der Luft bei 18^0 noch nicht ungeniefsbar aus, ebensowenig fiel ihr Geruch unangenehm auf; nur die Oberfläche trocknete etwas stärker ein und wurde runzelig. Später jedoch wurden unangenehmer Geruch und Schimmelpilze wahrnehmbar.

Wenn ein derartiges, ganz und gar mit Borsäure durchsetztes Fleisch sich auf längere Dauer nicht zu halten vermag, so erscheint demnach auch eine Oberflächendesinfektion durch Einreiben von grofsen Fleischstücken mit Borsäure, wie sie Lange als »vielleicht« verwendbar in Betracht zieht, auch nicht in Betracht zu ziehen.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dafs eine Fleischkonservierung mit Borsäure, wie sie hier im kleinen stattgefunden hat, im grofsen zur Anwendung gelangt bei dem aus Amerika nach Deutschland zu importierenden Fleisch. Dasselbe kommt von

da aus in grofsen Fässern zum Versand, in denen es stückweise übereinander gelagert und stark mit Borsäure überschichtet ist. In solchem amerikanischen Fleisch ist auch thatsächlich schon Borsäure bis über 4% gefunden worden. Dafs der Genufs von Borsäure unter Umständen gesundheitsschädlich ist, hat Rubner festgestellt und ist sie schon aus diesem Grunde als Konservierungsmittel ungeeignet, ganz abgesehen davon, dafs ihre Wirkung als Desinfiziens nur unvollkommen ist.

II. Versuche mit Borax. ($Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2O$).

Das in Borax bei Eisschrank- und Zimmertemperatur aufbewahrte Fleisch zeigte von dem im Brutschrank aufbewahrten ein gänzlich abweichendes Aussehen.

In den beiden ersteren Fällen war das Aufsere blafsgrau, nicht unappetitlich; auf dem Durchschnitt war eine ca. 5 mm breite, dem Äufseren gleich gefärbte Zone zu erkennen. Innen war die Farbe dunkelrot. Konsistenz normal, Geruch eigenartig, aber nicht unangenehm. Der Borax in der Nähe des Fleisches war durch den Fleischsaft schwach rötlich gefärbt.

Die der Brutschrank-Temperatur ausgesetzten Fleischproben dagegen sahen absolut ungeniefsbar aus. Das Äufsere war trocken, ziemlich fest und ganz stark grün verfärbt. Der Durchschnitt zeigte diese grüne Zone bis in eine Tiefe von 7—8 mm und dort haarscharf abgegrenzt gegen das dunkelrote, etwas schillernde Innere. Der Geruch war stark laugenhaft und der Borax an der dem Fleischstück zunächst liegenden Schicht durch die ausgetretene Fleischlake ebenfalls grün verfärbt. Reaktion des Fleisches und der Lake in allen Fällen stark alkalisch.

Die Analysen, bei welchen die Borsäure wiederum nach Jörgensen bestimmt wurden, ergabe die in die Tabelle eingezeichneten Resultate. Borax ist krystallwasserfrei berechnet.

(Siehe Tabelle II auf S. 141.)

Die in () gesetzten Zahlen, welche der gefundenen Menge $B(OH)_3$ entsprechen, wurden auf $Na_2 B_4 O_7$ umgerechnet. Der Borax wird demnach in ähnlichen Gewichtsmengen, wie die Bor-

säure, vom Fleisch aufgenommen, ebenso ist der Gewichtsverlust erst bei Brutschranktemperatur erheblicher. Auffallend ist die Erscheinung, dafs die Austrocknung bei Zimmertemperatur geringer war als bei Eisschranktemperatur. Dieselbe Beobachtung wurde, wie später zu ersehen ist, auch bei den Kochsalzversuchen gemacht.

Tabelle II.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in $Na_2B_4O_7 + 10 H_2O$ nach 8 Tagen in Proz. bei			b. Gefundene Menge $Na_2B_4O_7$ in Prozent[1]) bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefund. Menge $Na_2B_4O_7$ berechn. auf 100 g frisches Fleisch in Prozent[1]) bei		
		Eisschrank-Temperat. +4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. +4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. +4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. +4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°
1	23,32	—	4,24	—	—	?	—	—	?	—	—	?	—
2	22,87	—	3,58	—	—	1,75 (2,16)	—	—	5,33	—	—	1,69	—
3	23,38	8,86	—	15,73	1,66 (2,03)	—	3,36 (4,12)	10,52	—	19,09	1,51	—	2,75
4	24,4	10,08	—	15,06	1,69 (2,14)	—	3,71 (4,55)	11,77	—	18,77	1,51	—	3,45

Infolge eines Mifsgeschickes konnte in der ersten Versuchsreihe nicht die Borsäure bestimmt werden; es fehlen daher auch die Zahlen der Rubrik c und d. Der H_2O-Verlust bei Zimmertemperatur würde aber vermutlich ebenfalls niedriger als bei Eisschranktemperatur ausgefallen sein, denn der Gewichtsverlust durch Lagerung des Fleisches in Borax betrug in diesem Falle nur 4,24 %.

Abgesehen von dem stark grün verfärbten Fleisch, welches man ohne weiteres vom Genufs ausschliefsen würde, zeigten die andern bei niedrigerer Temperatur aufbewahrten Proben zunächst kein ungeniefsbares Aussehen. Nach mehrere Tage langem Liegen an der Luft bei ca. 18—20° jedoch machten sich Zersetzungsvorgänge durch unangenehmen Geruch bemerkbar.

Es leistet demnach Borax als Konservierungsmittel bei dieser Versuchsanordnung wohl mehr als bei der Langeschen mit Hackfleisch, doch dürfte, abgesehen von dem gleichfalls nicht

1) Die in Klammern gesetzten Zahlen entsprechen $B(OH)_3$.

unwesentlichen Borsäuregehalt, die Verwendung eines derartigen Fleisches sehr zweifelhaft erscheinen des laugenhaften, sehr unangenehmen Boraxgeschmackes wegen.

III. Versuche mit schwefligsaurem Natron. ($Na_2SO_3 + 7H_2O$).

Die Fleischproben aus dem Eisschrank sahen, ebenso wie die bei Zimmertemperatur aufbewahrten, natürlichem Fleische nicht unähnlich. Die Konsistenz der ersteren war elastisch weich, der letzteren etwas härter, doch bei weitem nicht fest zu nennen. Die Farbe war etwas dunkler als die frischen Fleisches.

Dagegen waren die dem Brutschrank entnommenen Proben knorpelhart, von braunroter Farbe mit weifsen Zügen zwischen den Muskelbündeln.

Beim Durchschneiden sah man auf der feuchten Schnittfläche sofort das schwefligsaure Natron auskrystallisieren.

Geruch war in keinem der Fälle wahrnehmbar. Die ausgetretene Lauge sowohl wie das Fleisch reagierte stark alkalisch.

Die Versuchsanordnung zur Bestimmung des schwefligsauren Natrons war hier eine etwas andere als vorher. Es wurden die der Mitte entnommenen, genau gewogenen, durchschnittlich 2 bis 2,5 g schweren Fleischstücke nicht erst mit Wasser extrahiert, sondern in Substanz zur Untersuchung verwendet. Dasselbe erschien aus diesem Grunde schon praktisch, weil dadurch eine teilweise Oxydation des Na_2SO_3 zu Na_2SO_4, wie sie in wässeriger Lösung leicht eintritt, vermieden wird.

Das schwefligsaure Salz wurde dadurch bestimmt, dafs die SO_2, durch Phosphorsäure freigemacht, im CO_2-Strom in Jod-Jodkalilösung überdestilliert und dort als $BaSO_4$ gefällt wurde. Das Baryumsulfat wurde auf schwefligsaures Natron umgerechnet. Die Resultate waren folgende. Schwefligsaures Natron ist krystallwasserfrei berechnet.

(Siehe Tabelle III auf S. 143.)

Demnach trocknet das schwefligsaure Natron das Fleisch in sehr hohem Grade aus, so dafs es schliefslich nur noch ca. 50 bis 35 bis 17 % seiner Gesamtwassermenge behält. Steigend mit

der Austrocknung ist die Aufnahme an schwefligsaurem Salz; sie steigt von 8,54—21,81 % an.

Tabelle III.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in $Na_2SO_3 + 10 H_2O$ nach 8 Tagen in Proz. bei			b. Gefundene Menge Na_2SO_3 in Prozent bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefund. Menge $Na_2SO_3 + 7 H_2O$ berechn. auf 100 g frisches Fleisch in Prozent bei		
		Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°
1	23,64	—	29,41	—	—	8,7	—	—	38,11	—	—	6,14	—
2	24,1	—	29,8	—	—	9,16	—	—	38,96	—	—	6,14	—
3	23,28	25,49	—	31,07	5,8	—	15,82	31,29	—	46,89	4,32	—	10,9
4	24,4	26,81	—	30,00	5,84	—	16,7	32,65	—	46,7	4,27	—	10,1

Kleinere Stücke dieses Fleisches, die längere Zeit an der Luft lagen, trockneten völlig aus, ohne Fäulniserscheinungen zu zeigen und wurden schliefslich so fest, dafs sie brüchig wurden. Das Salz krystallisierte an allen Teilen aus.

Ob in diesen Fällen das schwefligsaure Natron allein oder im Zusammenhang mit der starken Austrocknung die desinfizierende Wirkung ausübte, läfst sich durch diese Versuche nicht entscheiden.

Noch verdient bei diesen Versuchen hervorgehoben zu werden, dafs im Innern eines derartigen Fleisches nach 8tägiger Lagerung an der Luft eine geringe Oxydation der SO_2 zu SO_3 stattgefunden haben mufste, denn es wurden in den beiden Fällen, die zur Untersuchung herangezogen wurden, nur 95,3 resp. 96,0% SO_2 wiedergefunden.

IV. Versuche mit Salpeter. (KNO_3).

Ein wesentlicher Unterschied im Aussehen der bei Eisschrank- und Zimmertemperatur aufbewahrten Fleischstücke zeigte sich nicht. Die Konsistenz war in beiden Fällen elastisch weich, das Äufsere etwas klebrig, von dunkelgrauer Farbe bis zu ca. 1,0 cm Tiefe; weiter innen ging die Farbe in dunkelrot über.

Die bei 37° gelagerten Fleischproben wichen von den vorher erwähnten namentlich in Bezug auf Konsistenz und äufsere

Farbe ab. Diese war braun, zum Teil grauschwarz, erstere hart. Auf dem Durchschnitt fiel eine weiſse, netzförmige Zeichnung auf, die den Bindegewebszügen entsprach. Der Geruch war eigenartig, aber nicht unangenehm. Die Reaktion alkalisch. Der Salpeter war zum Teil zerflossen.

Die der Mitte entnommenen, ca. 10—15 g schweren Fleischstücke wurden mit Wasser extrahiert, das Volumen gemessen und von einem aliquoten Teil desselben die Salpetersäure nach Kubel-Tiemann bestimmt.

Die Resultate waren folgende:

Tabelle IV.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust resp. Gewichtszunahme[1] d. Fleisches in KNO_3 nach 8 Tagen in Proz. bei			b. Gefundene Menge Salpeter in Prozent bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefundene Menge KNO_3 berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei		
		Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°
1	23,32	—	+9,14	—	—	12,35	—	—	3,21	—	—	13,47	—
2	22,87	—	+3,61	—	—	15,55	—	—	11,94	—	—	16,11	—
3	23,38	2,08	—	24,08	9,00	—	22,6	11,08	—	46,68	8,81	—	17,15
4	24,2	+7,37	—	17,09	7,70	—	20,3	0,33	—	37,39	8,26	—	16,89

Die Austrocknung des Fleisches durch Salpeter war demnach bei Eisschrank- und Zimmertemperatur so gering, daſs infolge der Salpeteraufnahme sogar eine Gewichtszunahme des Fleisches zu konstatieren war. Erst bei Brutschranktemperatur verlor das Fleisch über die Hälfte seines Wassergehaltes. Der Salpetergehalt (Rubrik b) ist unter den drei verschiedenen Versuchsbedingungen ein sehr verschiedener; er steigt im Durchschnitt von 8 über 13—21%.

Der Grund hierfür liegt in der wechselnden Wasserabgabe des Fleisches; denn schaltet man diese aus (Rubrik d), so sind die Unterschiede in der Salpeteraufnahme bei Zimmer- und Brutschranktemperatur keine sehr wesentlichen. Sie schwanken nur zwischen 13,5—17,0%.

1) Die Fälle, in denen eine Gewichtszunahme stattgefunden hat, haben ein + vor der Zahl.

Dieses salpeterhaltige Fleisch zeigte nach mehrtägigem Liegen an der Luft ebenfalls durch den Geruch wahrnehmbare Fäulniserscheinungen, mit Ausnahme der bei Brutschranktemperatur aufbewahrten Proben, welche ca. 60—70 % ihres Wassergehaltes abgegeben hatten. Aus dieser Erscheinung ist der Schlufs berechtigt, dafs es wohl vor allem die Austrocknung war, welche das Bakterienwachstum zurückhielt.

V. Versuche mit Kochsalz. (NaCl).

Die Fleischstücke waren nach der Entnahme aus dem Kochsalz im allgemeinen dunkelgrau, stark graugelb, von harter, kaum eindrückbarer Konsistenz. Das Innere des Fleisches war dunkelbraunrot und die Reaktion schwach sauer. Aus dem Fleisch war eine reichliche Menge braunroter Flüssigkeit ausgetreten, die einen Teil des Kochsalzes vollkommen aufgelöst hatte.

Zur Bestimmung des Kochsalzes wurde ein der Mitte entnommenes Stück mit kaltem Wasser extrahiert, das Volumen gemessen und ein aliquoter Teil des Filtrates zur Filtration mit Silbernitratlösung verwendet.

Die gefundenen Zahlen waren folgende:

Tabelle V.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in NaCl nach 8 Tagen in Prozent bei			b. Gefundene Menge Kochsalz in Prozent bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch,			d. Gefundene Menge NaCl berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei		
		Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrk.-Temperat. 37°
1	23,32	—	23,68	—	—	16,66	—	—	40,34	—	—	12,71	—
2	22,87	—	30,09	—	—	15,08	—	—	45,17	—	—	10,54	—
3	23,38	38,83	—	37,28	15,38	—	15,52	54,21	—	52,80	9,40	—	9,73
4	24,4	36,86	—	45,85	16,00	—	15,68	52,68	—	61,53	10,1	—	9,25

Es sind demnach in Bezug auf Kochsalzaufnahme unter den verschiedenen Versuchsbedingungen nur geringe Unterschiede. Eine Erklärung hierfür bietet jedenfalls die Eigentümlichkeit des Kochsalzes, dafs seine Löslichkeit bei den verschiedensten Temperaturen annähernd gleich bleibt. Die Austrocknung war, wie

bereits an anderer Stelle erwähnt, auffallenderweise bei Zimmertemperatur am geringsten.

Dieses mit Kochsalz stark durchsetzte und stark ausgetrocknete Fleisch hielt sich an der Luft, ohne dafs Fäulnis eintrat. Es trocknete im Laufe der Zeit immer mehr aus, so dafs man kleinere Stücke schliefslich zwischen den Fingern brechen konnte. Es läfst sich annehmen, dafs der Austrocknung auch in diesen Fällen die desinfizierende Kraft des Kochsalzes zuzuschreiben ist.

Zur Entscheidung der Frage, ob eine Konservierung durch Einlegen des Fleisches in die erwähnten Salze in der Praxis Verwendung finden kann, sind zwei Gesichtspunkte ins Auge zu fassen: die Gewichtsverminderung resp. der »Wasserverlust« des Fleisches und der Einflufs der eingewanderten Salzmenge auf den Organismus. Es wird stets der Wunsch des Fabrikanten sein, ein Konservesalz zu besitzen, welches die äufseren Eigenschaften des Fleisches möglichst wenig verändert. Demnach erscheinen die Salze, welche das Fleisch stark austrocknen, ungeeignet, da sie nicht nur die Konsistenz, Farbe und Aussehen des Fleisches unnatürlich machen, sondern auch den Nährwert herabsetzen. Wie schon erwähnt, tritt die Gewichtsverminderung nicht allein durch Wasserverlust ein, sondern auch Eiweifs- und Extraktivstoffe werden gleichzeitig dem Fleische entzogen. Eine Zusammenstellung der Resultate nach dieser Richtung hin aus den fünf vorher angeführten Tabellen ist in folgender Übersicht vorhanden.

Tabelle VI.

Mittlerer Gewichts- und Wasserverlust in abgerundeten Zahlen in Prozent.

Temperatur ca.	Borsäure		Borax		Schwefligsaures Natron		Salpeter		Kochsalz	
	Gewichtsverlust	Wasserverlust	Gewichtsverlust	Wasserverlust	Gewichtsverlust	Wasserverlust	Gew.-verlust resp. Zunahme	Wasserverlust	Gewichtsverlust	Wasserverlust
+ 4°	3	6	9	11	26	32	+ 5	6	38	*54
+ 18°	5	7	4	5	30	39	+ 6	7	27	*43
+ 37°	18	23	15	19	31	*47	20	42	42	*58

Der Gewichts- resp. Wasserverlust ist demnach beim Einlegen des Fleisches in diese Chemikalien aufserordentlich verschieden. Borsäure, Borax und Salpeter erscheinen ihres geringen Austrocknungsvermögens wegen nicht ungeeignet, um zum Teil von ihrer, wenn auch nur geringen desinfizierenden Wirkung Gebrauch zu machen. Beim Einlegen des Fleisches in dieselben wandern sie jedoch in einer so erheblichen Menge ein, dafs hygienische Bedenken gegen die Genufsfähigkeit des Fleisches vorliegen. Aus demselben Grunde und der aufserdem stark wasserentziehenden Eigenschaft wegen ist auch das schwefligsaure Natron nicht verwertbar. Das Kochsalz schliefslich, welches hygienischerseits nicht zu beanstanden wäre, trocknet das Fleisch aber so stark aus, dafs es sich aus diesem Grunde für Konservierung, nur in der bekannten Weise angewendet, eignen dürfte.

Wie bereits erwähnt, ist die wasserentziehende Wirkung der Salze auch von der Temperatur abhängig. Je höher dieselbe ist, um so stärker im allgemeinen ist die Austrocknung. Eine Abweichung von diesem natürlichen Vorgange kann aber bei Zimmertemperatur eintreten. Das Beispiel hierfür bietet der Versuch mit Borax und Kochsalz. In beiden Fällen war der Gewichtsverlust bei 18° geringer als bei 4°. Ganz besonders stark wasserentziehend, auch in der Kälte, waren schwefligsaures Natron und Kochsalz. Bei Borsäure, Borax und Salpeter war die Austrocknung so gering, dafs ein Schutz gegen Fäulnis durch sie nicht zu stande kam. Das Salpeterfleisch hatte in der Kälte und bei Zimmertemperatur — mit Ausnahme eines einzigen Falles[1]) — sogar so wenig Wasser abgegeben, dafs durch die aufgenommene Salpetermenge eine Gewichtszunahme festgestellt werden konnte.

Die Fälle, in denen ein ganz besonders hartes Fleisch entstanden war, sind mit einem * bezeichnet. Beim Vergleich dieser Zahlen ergibt sich, dafs dort überall ein Wasserverlust von über 40% stattgefunden hatte. Nun könnte es auffallend erscheinen, dafs das mit schwefligsaurem Natron behandelte Fleisch bei

1) s. Tab. IV S. 144. Versuchsreihe 3.

einem etwas geringeren Wasserverlust (32—39%) noch weiche Konsistenz zeigte. Diese Erscheinung wird aber sofort erklärt, wenn man die dazu gehörigen aufgenommenen Salzmengen in der Tabelle III S. 143 in Berücksichtigung zieht. Das schwefligsaure Natron war nur zu 5,82 resp. 8,93%, das Kochsalz dagegen zu 15,69 resp. 15,87% vorhanden.

Die äufsere Schicht des Fleisches war jedoch überall stärker verändert als das Fleischinnere; den Austrocknungsgrad hierfür habe ich aber nicht festgestellt. Vermutlich kommt es bei der geringen oder ganz fehlenden Desinfektionswirkung dieser Salze bezüglich des weiteren Verhaltens des Fleisches darauf an, ob man durch Zufall von Haus aus steriles Fleisch in die Hand bekommt oder nicht. Ist ersteres der Fall, so kann möglicherweise die äufsere trocknere Schicht einen grofsen Schutz gegen das Eindringen der Fäulnisbakterien bedeuten; wenn man das Auftreten von Ammoniak aber als ein Zeichen der Veränderung durch Mikroorganismen auffassen darf, so hat es in den meisten Fällen — Kochsalz etwa ausgenommen — an derartiger anormaler Zersetzung nicht gefehlt.

Die Gründe für die Austrocknung liegen, unzweifelhaft, zum Teil in einer Art von osmotischen Vorgängen, dem Austausch von Salz gegen Wasser in dem Fleisch. Aber es spielen doch auch noch andere Momente eine Rolle.

Die Wirkung erhöhter Temperatur auf Fleisch ist im hiesigen Laboratorium zuerst eingehender von Ferrati[1]) einer Untersuchung unterzogen worden. Ferrati konnte darthun, dafs alle Fleischsorten schon bei mäfsiger Wärme, welche die Brutwärme nicht sehr erheblich überschreitet, mehr oder minder reichlich an Wasser abzugeben im stande sind. Rindfleisch gibt beim Erwärmen auf 45° in einer Stunde an 3,6%, Kalbfleisch bei 50° an 14,8%, Schweinefleisch bei 50° an 8,9% an Flüssigkeit ab. Bekanntlich sieht man sogar zuweilen beim Liegen des Fleisches im Eisschrank kleinere Flüssigkeitsmengen, die vielleicht aus den Blutgefäfsen stammen, ausgeschieden. Ich meine aber, es seien

1) Archiv f. Hygiene, XIX, 317.

zwischen dem Experiment bei Kälte und Wärme die Differenzen zum Teil zu grofs, um allein durch diese Art von Wasserverlust erklärt zu sein. Ein Verlust an Wasser aus den geschlossenen Gefäfsen hat, wie ich mich überzeugt, nicht stattgefunden. Somit müssen andere Veränderungen noch mitgewirkt haben; möglicherweise spielen Gerinnungen gewisser Eiweifskörper eine Rolle, wodurch durch Volumenänderung ein Auspressen von Flüssigkeit zu stande kommt, oder es vermag das anliegende Salz selbst eine grofse Menge von Wasser in Beschlag zu nehmen und festzuhalten. Somit läfst sich also über die Gründe der verschiedenen Austrocknung ein absoluter Entscheid ohne eingehende Experimente nicht erbringen.

Eine grofse Bedeutung hat der Grad der Anreicherung an Salzen im Fleisch selbst. Zur Beurteilung kann man entweder von dem direkten Befunde in dem Fleisch selbst ausgehen oder von den für das frische Fleisch berechneten Zahlen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, dafs manche der hier aufgeführten Salze gesundheitlich nachteilig sind, wird es besser sein, im Sinne der direkten Befunde eine Zusammenstellung durchzuführen. Borax und schwefligsaures Natron sind krystallwasserfrei berechnet.

Tabelle VII.

In 100 Teilen Kernsubstanz wurden gefunden im Mittel Prozent:

	Borax	Borsäure	Schwefligsaures Natron	Salpeter	Kochsalz
ca. + 4°	1,76 (2,16)[1]	3,00	5,82	8,35	15,69
ca. + 18°	1,67 (2,06)	3,85	8,93	13,95	15,87
+ 37°	3,53 (4,33)	5,14	16,26	21,45	15,45

Die Menge des bei Kälte und Wärme eindringenden Salzes bezw. der Borsäure ist demnach höchst verschieden. Bei Kochsalz nur fehlt jeder Einflufs der Temperatur. Bei den übrigen

1) Die in () gesetzten Zahlen entsprechen $B(OH)_3$.

Substanzen aber bewegen sich die Mengen zwischen dem Doppelten und Dreifachen des bei niederer Temperatur eingedrungenen Salzes.

Diese Salzmengen sind zum Teil ungemein erheblich. Was ihre Wasserlöslichkeit anlangt, so beträgt dieselbe ungefähr:

	0°	20°	40°
Borsäure	2,0	4,0	7,0
Borax (H_2O-frei)	1,5	4,0	9,0
Salpeter	16,0	26,0	54,0
Schwefligsaures Natron (H_2O-frei) .	14,0	26,0	50,0
Kochsalz	35,5	35,9	36,6

Berücksichtigt man, dafs Fleisch ca. 76% Wasser enthält, so wären zum Teil ganz bedeutende Konzentrationsverhältnisse vorhanden, bei Borsäure und Borax würde sogar dieser Wassergehalt nicht zur Lösung hinreichen; genau jedoch läfst sich die Konzentration nicht feststellen, da man nicht weifs, wie sich das Wasser zwischen Eiweifs, anderen Salzen und den Eingewanderten verteilt und sich nicht absehen läfst, ob nicht auch einzelne Bestandteile des Fleisches Salz aufnehmen können.

Von der Borsäure speziell sind in der Handelsware, wie bereits erwähnt, auch ähnlich grofse Mengen gefunden worden, die offenbar durch ähnliche Prozeduren wie in diesem Experiment in das Fleisch hinein geraten sein müssen.

Bakterielles Verhalten der Milch bei Boraxzusatz.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Albrecht P. F. Richter,**

Assistent.

(Aus den hygienischen Instituten der Königl. Universität Berlin.)

Auf Veranlassung des Direktors der Hygienischen Institute untersuchte ich das Verhalten der käuflichen Vollmilch bei Zusatz von Borax ($Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2O$), hauptsächlich bezüglich etwaiger Hemmung des Bakterienwachstums sowie der Gerinnung. Aus den Vorversuchen ergaben sich folgende Daten:

Zusatz von $Na_2 B_4 O_7$ %	Gerinnung nach Tagen
0	1
0,25	1
0,5	2
1,0	3
2,0	5
3,0	6
4,0	Gerinnung bleibt aus.

Jedenfalls nach dem Alter der Milch sowie der Temperatur des Aufbewahrungsraumes (welche von 15—25° C. wechselte) traten geringe Verschiedenheiten in der Gerinnungszeit auf, welche bei den höheren Boraxzusätzen bis zu einem Tag betragen konnten. Wie aber Lange[1]) schon gefunden hat, gelang es erst bei 4% Boraxzusatz, das Eintreten der Gerinnung auf die Dauer zu verhindern. Bei diesem Zusatz war jedoch der Ge-

1) L. Lange, Beitrag zur Fleischkonservierung etc., Archiv f. Hyg., 1901, Bd. 40, S. 143.

schmack der Milch ein derart widerlicher, dafs sie zum Genusse nicht mehr verwertbar erschien. Auch wurden noch 5 ccm dieser Milch auf 100 ccm dünnen Kaffee (20 g Kaffeepulver zu 500 g Wasser) geschmeckt, höhere Zusätze machten den Kaffee völlig ungeniefsbar.

Bei der Untersuchung des Bakterienwachstums wurde zunächst versucht, mit Ösenimpfung vorzugehen. Es zeigte sich aber, dafs bei Ösenimpfung unversetzter geronnener Milch die Verteilung in der Gelatine aufserordentlich schwer war; dann aber, dafs auch sehr verschiedene Resultate sich ergaben, je nachdem die Öse zufällig mehr Serum oder Gerinnsel fafste. Um auch nicht durch zu kleine Mengen Fehler zu begehen, wurden 20 ccm Milch auf das Tausendfache verdünnt, mit 0,1 ccm dieser Verdünnung wurde dann eine Gelatineplatte gegossen. Da jedoch die geronnene Milch sich nicht genügend in Wasser verteilte, so wurde folgendermafsen verfahren. Je 20 ccm der unversetzten, sowie der Gleichmäfsigkeit halber auch der Boraxmilch wurden mit 20 ccm kalter, etwa 10proz. steriler Sodalösung schnell gemischt und geschüttelt, so dafs sich das Coagulum löfste. Mit sterilem Wasser wurde auf 200 ccm aufgefüllt (I). Von I wurden wieder 20 ccm mit sterilem Wasser auf 200 ccm aufgefüllt (II) und mit 20 ccm von II in derselben Weise verfahren. Die Verteilung der Milch und Bakterien war, wie der Augenschein lehrte und die meist gut übereinstimmenden Bakterienzahlen der fast immer zur Kontrolle doppelt gegossenen Platten bewiesen, eine hinreichend gleichmäfsige. Ein wesentlicher Einflufs der etwa 10proz. kalten Sodalösung, welche in dieser Konzentration ja auch nur ganz kurze Zeit, etwa 1—2 Minuten, einwirkte, schien nicht zu bestehen.

Die Versuchsreihen I—VII dienten nur zur Orientierung und zur Feststellung der Untersuchungsmethode; nach diesen kurzen Vorversuchsreihen wurden drei Reihen VIII, IX und X längere Zeit durchgeführt. Die Bakterienzahlen wurden, so lange es angängig war, durch Auszählung der ganzen Platte mit der Lupe gewonnen; sonst durch Lupenauszählung einer genügenden Anzahl Quadrate des Wolfhügelschen Zählapparates, schliefslich durch Auszählung

von Gesichtsfeldern des Mikroskopes bei schwacher Vergröfserung (Zeitz Obj. III, O.c 1).

Die Milch zu den Versuchen wurde aus dem Milchgeschäft in gut gereinigter Flasche bezogen, je 0,5 l wurden in sterile Kochflasche mit sterilem Wattepfropf gefüllt. »OZ« bleibt ohne Zusatz, »4 %« wird mit 4 % Boraxzusatz versehen. Der Borax hatte bei Einstäuben auf Gelatine kein Bakterienwachstum hervorgerufen. Das Plattengiefsen am ersten Versuchstage geschah unmittelbar nach der Lösung des Borax. Sowohl bei Reihe VIII wie bei Reihe IX und X war die OZ-Milch am zweiten Versuchstage geronnen, während die 4%-Milch noch heute (nach 8—9 Monaten) ungeronnen ist. I und II bedeuten hier Platte und Kontrollplatte.

Reihe VIII.

Datum	Versuchstag	Bakterienzahl bei OZ		Bakterienzahl bei 4 %		Bemerkungen
23. 7. 1901	1	I	2370	I	1020	Bei OZ I ca. 100 Verfl., bei OZ II ca. 50
		II	2025	II	600	Bei 4 % erscheinen die Kolonien besser entwickelt. Bei 4 % I u. II nur wenige Verfl.
24. 7. 1901	2	I	7532	I	1248	OZ I 1 Verfl., 23 oid. OZ II 0 Verfl., 22 oid.
		II	7897	II	1553	4 % I 4 Verfl., 0 oid. 4 % II 4 Verfl., I oid.
26. 7. 1901	4		4706		1144	OZ 91 oid., 0 Verfl. 4 % 80 oid., 0 Verfl.
28. 7. 1901	6		2380		506	OZ 54 oid., 0 Verfl. 4 % 0 oid., 1 Verfl.
29. 7. 1901	7	I	210	I	119	OZ I 24 oid., 0 Verfl. OZ II 27 oid., 0 Verfl.
		II	200	II	91	4 % I 1 oid., 2 Verfl. 4 % II 2 oid. 5 Verfl.
30. 7. 1901	8	I	33	I	233	OZ I 17 oid., 1 Schimmel, 0 Verfl. OZ II 11 oid., 6 Schimmel, 0 Verfl.
		II	33	II	188	4 % I 0 oid., 0 Verfl. 4 % II 3 oid., 0 Verfl.
Reihe IX.						
19. 8. 1901	1	I	110	I	156	OZ I 1 Schimmel, 0 oid., 0 Verfl. OZ II keine oid., Verfl. etc.
		II	82	II	110	4 % I 1 Verfl. 0 oid. 4 % II mehrere confl. Verfl.
20. 8. 1901	2	I	87 470	I	1 108	OZ I 48 oid., 0 Verfl. OZ II 40 oid. 0 Verfl.
		II	95 782	II	1 235	4 % I 1 Verfl., 4 Bct. Zopfii.
21. 8. 1901	3	I	49 000	I	743	OZ I 82 oid., 0 Verfl. OZ II 79 oid., 0 Verfl.
		II	49 000	II	770	4 % I 1 Zopf, 1 Schimmel. 4 % II 5 Zopf, 1 oid., 1 Verfl.
22. 8. 1901	4	I	94 162	I	525	OZ I 205 oid., 0 Verfl. OZ II 154 oid., 0 Verfl.
		II	73 537	II	526	4 % I 2 Zopf, 1 Schimmel, 1 oid. 4 % II 3 Zopf.

(Fortsetzung von Reihe IX.)

Datum	Versuchstag	Bakterienzahl bei OZ	Bakterienzahl bei 4 %	Bemerkungen
24. 8. 1901	5	I 53 662	I 377	OZ I 260 oid., 0 Verfl. OZ II 228 oid., 0 Verfl.
		II 58 725	II 391	4 % I und 4 % II keine Zopf, Verfl. pp.
26. 8. 1901	7	I 25 616	I 310	OZ I 300 oid. OZ II 274 oid.
		II 22 882	II 414	4 % I 1 Schimmel. 4 % II 1 Zopf.
28. 8. 1901	9	3 594	359	OZ 110 oid. 4 % 1 oid. Rest bei OZ und 4 % fast ausschl. Luftkokken (wie von jetzt ab ständig).
31. 8. 1901	12	I 2 885	I 284	OZ I 28 oid. OZ II 29 oid.
		II 3 766	II 268	4 % I 0 oid., 1 Schimmel. 4 % II 2 oid., 1 Verfl.
2. 9. 1901	14	10 416	I 166	OZ 12 oid.
		—	II 127	4 % I 1 oid. 4 % II —
5. 9. 1901	17	I 1 272	I 280	0 oid., Verfl. etc.
		II 1 369	II 258	
7. 9. 1901	19	4 985	2 869	OZ 7 oid.
10. 9. 1901	22	2 192	6 864	OZ 1 oid., 1 Prot. 4 % 1 oid., 3 Schimmel.
18. 9. 1901	30	33 699	21 093	OZ 20 oid.

Reihe X.

30. 9. 1901	1	1 358	1 722	OZ keine oid, 10 Verfl. 1 Zopf. Meist Bact. acid. lactic. Hüppe, daneben Bact. acid. lact. Günther. 4 % 0 oid. 5 Verfl. 2 Zopf.
1.10.1901	2	I 66 933	I 810	OZ I fast ausschl. Bact. a. l. Hüppe. OZ II wie OZ I 3 Verfl.
		II 47 786	II 660	4 % I 0 oid., 6 Verfl. Hauptsächl. Bact. Hüppe, 1 Schimmel. 4 % II wie 4 % I 5 Zopf, 3 Verfl.
2.10.1901	3	104 623	438	OZ 14 oid., 5 Verfl., 2 Bact. Zopf. Meist Bact. Güntheri, Hüppe tritt zurück. 4 % 9 Verfl., 5 Zopf, 1 Schimmel. Meist Bact. Güntheri, wenige Bact. Hüppe.
3.10.1901	4	82 417	419	OZ 85 oid., 3 Schimmel, 4 Verfl., einige Dutzend Hüppe, Rest Günther. 4 % ca. 1 Dutzend Verfl. (confl.), 1 Schimmel, Rest meist Günther.
4.10.1901	5	55 957	333	OZ 218 oid., 0 Verfl., meist Günther. 4 % 23 verfl.
5.10.1901	6	74 452	I 132	OZ 883 oid., ca. 400 Hüppe, Rest meist Günther.
		—	II 143	4 % I 30 verfl. 4 % II 7 oid., 7 Schimmel, 6 Verfl.
6.10.1901	7	I 54 574	I 146	OZ I 585 oid., Hauptteil Günther, ca. 1/10 Hüppe.
			II 113	4 % I 8 Verfl., Rest meist Kokken. 4 % II 1 oid., einige Verfl., Rest meist Kokken.

(Fortsetzung von Reihe X.)

Datum	Versuchstag	Bakterienzahl bei OZ	Bakterienzahl bei 4 %	Bemerkungen
7.10.1901	8	I 89 757	I 152	OZ I und II ca. 600 oid., je 1 Verfl., hauptsächlich Günther.
		II 25 852	II 100	4% I 43 Schimmel, 2 Prot., 4 Zopf, 6 oid., meist Kokken. 4% II 2 Verfl., 0 oid., meist Kokken.
8.10.1901	9	I 14 512	I 73	OZ I 641 oid., 0 Verfl., OZ II 623 oid., 0 Verfl.
		II 12 283	II s. Bem.	4% I meist gelbl. Kokken (Sarcine). 4% II völlig verfl. durch Bac liodermus.
10.10.1901	11	I 5 589	60	OZ I 497 oid., ansch. sonst nur Günther. OZ II ähnlich.
		II 5 224	—	4% fast nur gelbl. Kokken.
11.10.1901	12	I 3 389	46	OZ I 460 oid., OZ II 355 oid.
		II 3 826	38	4% I und II wie oben.
12.10.1901	13	I 1 304	28	OZ I 369 oid., sonst meist Luftkokken. OZ II 344 oid., sonst meist Luftkokken.
		II 1 736	39	4% I und II Kokken.
13.10.1901	14	I 2 093	I 46	OZ I 345 oid. OZ II 293 oid., sonst meist Kokken.
		II 1 106	II 59	4% I und 4% II Kokken.
14.10.1901	15	I 1 912	I 33	OZ I 353 oid. OZ II 312 oid., sonst w. o.
		II 1 040	II 39	4% wie oben.
16.10.1901	17	I 822	I 26	OZ I 243 oid. OZ II 241 oid., sonst w. o.
		II 775	II 40	4% wie oben.
17.10.1901	18	I 531	I 27	OZ I 203 oid. OZ II 184 oid., sonst w. o.
		II 561	II 33	4% wie oben.
19.10.1901	20	I 412	I 22	OZ I 69 oid. OZ II 67 oid., sonst w. o.
		II 421	II 36	4% I 1 Schimmel. 4% II 2 Schimmel, s. w. o.
21.10.1901	22	I 379	I 30	OZ I 31 oid. OZ II 87 oid., sonst w. o.
		II 371	II 53	4% wie oben.

Schon in Vorversuchen wurde festgestellt, dafs die schliefslich übrig bleibenden Kokken fast ausschliefslich zu der gewöhnlich Luftkokken genannten Gruppe gehören. Wenn auch eine ganze Reihe von Arten aufgefunden werden kann (so wurden z. B. aus einer Platte einmal 14 verschiedene Arten, gefärbte und ungefärbte, häutchenförmig wachsende und mäfsig verflüssigende etc. isoliert), so stellt doch das Hauptkontingent der micr. candicans Flügge.

Schlufsfolgerungen.

1. Die Entwicklung der Bakterien in Milch scheint bei ganz kurzer Einwirkung von Borax angeregt zu werden. Vielleicht ist aber die Ursache der erhöhten Bakterienzahlen nur der Umstand, dafs durch den Boraxzusatz die Verteilung der Bakterienhäufchen erleichtert wird.
2. Das Wachstum des Oidium lactis wird durch Boraxzusatz erheblich gehemmt.
3. Ebenso das Wachstum des Bact. acidi lactici Hueppe und Bact. acidi lactici Günther.
4. Verflüssigende und andere Bakterien der Fäulnis (B. fluoresc. liq., Proteusarten, B. Zopfii) werden nicht durch Boraxzusatz gehemmt, gehen aber später von selbst zu Grunde.
5. In den ersten Tagen bilden die Hauptzahl der Bakterien (besonders bei der unversetzten Milch) die Hueppeschen Milchsäurebakterien, sie werden später von den Güntherschen abgelöst.
6. Die gröfste Kolonienzahl findet sich am 2.—3. Tage, am 6.—11. Tage tritt sowohl bei der unversetzten wie bei der Boraxmilch ein erhebliches Absinken der Kolonienzahl ein.
7. Die schliefslich restierenden Bakterien waren fast ausschliefslich Luftkokken, hauptsächlich micrococc. candicans Flügge.

Über die Verfahren und Apparate zur Entwicklung von Formaldehyd für die Zwecke der Wohnungsdesinfektion.

Von

Dr. **Eugen Mayer** und Dr. **Heinrich Wolpert**

Stabsarzt
früher Assistent am Institut.

Privatdozent
Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Das Bestreben, in der Wohnungsdesinfektion gasförmige Mittel anzuwenden, ist zwar schon ein sehr altes, allein sämtliche bis vor wenigen Jahren gebräuchliche und empfohlene Desinfizientien dieser Art hielten einer strengen experimentellen Prüfung nicht stand. Erst mit Einführung des Formalins wurde hierin Wandel geschaffen. Der bedeutsame Vorzug der gasförmigen Desinfektionsmittel gipfelt in erster Linie darin, dafs sie von selbst ohne weiteres Zuthun des Desinfektors den Raum nach allen Richtungen durchdringen und auch den Luftraum mit desinfizieren, Vorteile, die bei allen andern Desinfektionsweisen fortfallen.

Die Formaldehyd-Litteratur ist seit ungefähr zehn Jahren derart angewachsen und die Zahl der angegebenen Verfahren und Apparate eine so überaus grofse geworden, dafs es kaum möglich wäre, auf alles einzugehen. Die meisten Apparate sind recht kompliziert gebaut; das ist aber für diesen Zweck gar nicht nötig, und man kann, wenn man die eigenartige Wirkung der Formaldehyddämpfe berücksichtigt, mit sehr einfachen Vorrichtungen

auskommen. Eine ausführliche Übersicht über die in der Litteratur bekannt gewordenen Verfahren und Apparate zur Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd haben in neuerer Zeit Reischauer[1]) und Hefs[2]) veröffentlicht, zugleich mit kurzen kritischen Beurteilungen der einzelnen Methoden, so dafs wir hier auf die früheren, gröfstenteils unvollkommenen und daher verlassenen Anwendungsweisen, wie die älteren Formaldehydlampen etc., nicht zurückzukommen nötig haben und auf obige Arbeiten verweisen können.

Sämtliche Apparate, die noch heute eine gröfsere Verbreitung besitzen, beruhen auf einem der folgenden drei Prinzipien: entweder wird der Formaldehyd durch Vergasen oder durch Versprayen oder durch Verdampfen entwickelt. Was die Apparate ersterer Art betrifft, welche Formalinpastillen, das ist den unter dem Namen Paraformaldehyd oder Trioxymethylen bekannten polymeren Körper zur Vergasung bringen, so hatten zunächst die von der Firma Schering angegebenen Vorrichtungen (Äskulap und Hygiea) in Deutschland allgemeine Verbreitung gefunden. Auch die in neuerer Zeit bekannt gewordenen sogen. Carboformal-Glühblocks von Krell-Elb gehören unter diese Gruppe.

Dafs bei der ursprünglichen Anwendung der Scheringschen Apparate auch ohne gleichzeitige Wasserverdampfung die Wirkung eine gute sein kann, steht fest; ebenso ist es aber auch sicher, dafs unter andern Bedingungen der Erfolg ausbleibt. Im Gegensatz zu der früher von einigen Autoren ausgesprochenen Ansicht, dafs die Wirkung des Formaldehyds mit dem Grade der Trockenheit der Luft wachse, brachten Rubner und Peerenboom[3]) durch ihre Versuche den exakten Nachweis, dafs bei im übrigen gleichen Bedingungen der trockene Formaldehyd

---

1) A. Reischauer, Vergleichende Untersuchungen über die Brauchbarkeit verschiedener Verfahren zur Ausführung der Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd. Hygien. Rundschau, 1901. Nr. 12 u. 13.

2) O. Hefs, Der Formaldehyd. Marburg, Elwert, 1901.

3) Rubner und Peerenboom, Beiträge zur Theorie und Praxis der Formaldehyd-Desinfektion. Hygien. Rundschau, 1899, Nr. 6.

keine Desinfektionskraft besitzt, während bei Befeuchtung der Luft alle Testobjekte abgetötet waren. Die widersprechenden Angaben der früheren Beobachter sind darauf zurückzuführen, dafs in dem einen Falle die äufseren Bedingungen zufällig günstige waren (hohe Feuchtigkeit, hohe Temperatur), in dem andern aber nicht. Letzteres zeigte sich auch bei einigen Versuchen, die wir bei mittlerer Feuchtigkeit und Temperatur nach diesem Verfahren anstellten (s. General-Tabelle Abt. I Nr. 1—3, folgt unten am Schlufs unserer zweiten Abhandlung). Alle 16 Testobjekte blieben demnach unversehrt bei Anwendung von 330 g Paraform, die in zwei Äskulapapparaten in dem zu allen Versuchen benutzten Zimmer von 108,8 cbm ohne Rückstand vergast wurden, obwohl zudem bei dieser Versuchsreihe das Zimmer leer war. Durch eine gleichzeitige oder vorhergehende künstliche Wasserverdampfung läfst sich diesem Übelstand abhelfen, sei es nun, dafs man das Wasser gesondert oder mit Hilfe des neuerdings von Schering in den Handel gebrachten »kombinierten Äskulaps« verdampft. Wir verkennen nicht, dafs die Anwendung der sogen. Formalinpastillen in manchen Fällen von wesentlichem Vorteil ist, insbesondere da, wo Transportschwierigkeiten in Frage kommen. So kann es z. B. von Vorteil sein, die Sanitätsformationen im Felde mit Formalinpastillen auszustatten oder Pastillen statt der Lösung in kleinere Ortschaften oder Gehöfte zu senden, da der Transport der wasserfreien Substanz wegen des geringeren Gewichts billiger und die Verpackung bequemer und sicherer ist. Aber ebenso wird man nicht bestreiten können, dafs in sehr vielen Fällen die Verwendung der Lösung vorzuziehen ist, da nämlich, wo vorstehende Bedenken nicht in Betracht kommen. Für gewöhnlich ist die Verwendung der Lösung billiger und auch insofern rationell, als man genötigt ist, dabei mindestens eine gewisse, zuweilen schon ausreichende Wassermenge mit zur Verdampfung zu bringen. Wir gaben daher für unsere Laboratoriumsversuche im allgemeinen dem flüssigen Formalin den Vorzug.

Was von den Formalinpastillen gesagt ist, gilt ebenso von den Carboformal-Glühblocks, die ja im wesentlichen nichts an-

deres als grofse (50 g schwere), in Stanniol eingehüllte und in einen Kohlenmantel eingesenkte Pastillen sind. Man kann dabei das Bedenken nicht von der Hand weisen, dafs bei mangelhaftem Stanniolbelag das Paraform zuweilen Feuer fängt und somit die Wirkung des verbrannten Anteils verloren geht, wie wir dies zu wiederholten Malen zu beobachten Gelegenheit hatten. Ebenso halten wir nicht für ausgeschlossen, dafs auch für Scherings Vorrichtungen, falls unversehens die Flamme zu hoch brennt, das Drahtnetz ins Glühen kommt und hierdurch die Pastillendämpfe ebenfalls Feuer fangen, das dann auf die Pastillen selbst übergreift; Beobachtungen hierüber liegen uns allerdings nicht vor. Die Firma Schering gibt aber bestimmte Vorschriften für eine maximale überstehende Dochtlänge.

Älter als die Anwendung der Pastillen ist die Verdampfung der wässerigen Lösung. Der erste, welcher letzteres Verfahren anwandte und damit überhaupt die Formaldehyddesinfektion in Aufnahme brachte, war Trillat, nachdem er für denselben Zweck schon 1891 Formaldehyd aus Methylalkohol dargestellt und zu Desinfektionszwecken angewendet hatte[1]), wozu er sich eines mit zahlreichen, kranzförmig angeordneten Ausströmöffnungen versehenen Autoklaven bediente. Später modifizierte er den Apparat dahin, dafs nur eine einzige durch das Schlüsselloch von aufsen her einzuführende Dampfabströmungsröhre benutzt und gleichzeitig statt des Methylalkohols die wässerige Lösung des Formaldehyds angewandt wurde, zu welcher er Chlorcalcium oder ein anderes hygroskopisches Salz zusetzte. Wesentlich einfacher ist das Verdampfungsverfahren nach Flügge. In seiner Schrift: »Die Desinfektion durch Formaldehyd auf Grund praktischer Erfahrungen«, die im Oktober 1900 erschien, beschreibt Flügge seinen Apparat so ausführlich, dafs derselbe, wie er selbst meint, danach von jedem Klempner hergestellt werden könne. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem

1) A. Trillat, Propriétés antiseptiques du formol (ou aldéhyde formique). Comptes rendus, 1894, II, p. 563.
— Revue d'Hygiène, 1895, S. 716.
— et Roux, Annales de l'Institut Pasteur, 1896, S. 283.

Kupferkessel von ungefähr 35 cm Durchmesser, dessen hart aufgelöteter Deckel in der Mitte eine Abströmungsröhre mit einer lichten Weite von nur $^1/_2$ cm trägt. In diesen Kessel, der von einem Eisenblechmantel getragen wird, füllt man Formalin nebst Wasser ein; die Verdampfung der Flüssigkeit geschieht durch einen sehr grofsen Spiritusbrenner mit Luftzuführung durch etwa 20, in konzentrischen Kreisen angeordnete Röhren.

Hiervon unterscheidet sich das sogen. »Strafsburger« Verfahren[1]) nur dadurch, dafs dabei keine Wasserzugabe zum Formalin erfolgt, das Wasser vielmehr gesondert schon vorher verdampft wird.

Bei jedem derartigen Verfahren mufs das Bestreben dahin gerichtet sein, in kurzer Zeit möglichst viel Formaldehyd zu entwickeln, um eine möglichst hohe Konzentration der desinfizierenden Dämpfe im Raume zu erzielen. Springfeld[2]) sucht dies dadurch zu erreichen, dafs er als Heizkörper an Stelle der offenen Flamme glühend gemachte Metallketten (Springfelds Formalinketten) verwendet, die in einen Eimer mit Formalinlösung geworfen werden. Für einen besonderen Vorteil seines Verfahrens hält er auch den Umstand, dafs dabei angeblich jede Feuergefährlichkeit ausgeschlossen sei. Ob letzteres wirklich in allen Fällen zutrifft, darf zweifelhaft erscheinen, da Hellmann[3]) es für notwendig erachtet, die Formalinverdampfung mittels Ketten nur in einem geschlossenen Gefäfs vorzunehmen; er sah, dafs »beim Einlegen der rotglühend gemachten Formalinkette in ein offenes Gefäfs das Formalin sich entzündete und mit heller Flamme emporloderte.« Ähnlich, jedoch ohne Feuersgefahr, ist das bereits vor dem Springfeldschen bekannt gewordene und patentierte Formalin-Kalk-Verfahren Scherings. Dabei wird Ätzkalk mit Formalin in bestimmten Verhältnissen übergossen und die beim Löschen des Kalks frei werdende Wärme als Heiz-

1) Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamts von 1900, Abteilung: »Gesetzgebung u. s. w.«, s. unter Elsafs-Lothringen.

2) Springfeld, Die Desinfektion der Wohnungen durch Formaldehyd. Zeitschrift für Polizei- und Verwaltungsbeamte. IX. Jahrg., Nr. 6.

3) R. Hellmann, Neueste Verbesserungen der Desinfektion von Wohnungen bei ansteckenden Krankheiten mittels Formaldehyd. Medico, 1901, Nr. 39.

quelle benutzt. Dies Verfahren hat ebenfalls den Vorzug einer raschen Gas- und Dampfentwicklung, indessen soll dabei nach Flügge (S. 11 a. a. O.) ein Teil des Formaldehyds zerstört werden.

Eine andere Reihe von Apparaten setzt sich zum Ziel, um jeden Preis eine Paraformbildung zu verhüten. Unseres Erachtens geht man hierin vielfach zu weit, denn die Paraformbildung kann doch nur dann das Desinfektionsmittel beeinträchtigen, wenn nach der Desinfektion ein Rückstand von Paraform vorhanden ist; gleichgültig aber mufs es sein, ob Formalin als solches oder als Paraform verdampft, aber freilich mufs unter allen Umständen die Heizquelle mindestens so lange ausreichen, bis auch die letzten Spuren des Desinfektionsmittels verdampft bezw. vergast sind.

Die chemische Fabrik Seelze (Hannover) sucht die Paraformbildung in der Weise zu verhindern, dafs sie den Formalinbehälter von dem Wasserbehälter trennt und ersteren in letzteren einlagert; direkt durch die Flamme erhitzt wird der Wasserbehälter, und die Einrichtung ist so getroffen, dafs die heifsen Wasserdämpfe durch das heifse aber nicht kochende Formalin hindurchstreichen und sich so mit Formaldehyd sättigen. Nach demselben Prinzip sind auch ein weiterer patentierter Apparat von Schering[1]) und einige andere gebaut.

Eine dritte Reihe von Apparaten bedient sich des Prinzips der Versprayung Bereits beim Lingnerschen Apparat kam dasselbe zur Anwendung, allerdings kombiniert mit Zuthaten, welche die eigentümliche Wirkung der Versprayung nicht klar zu Tage treten liefsen; es liefs sich schwer entscheiden, ob im einzelnen Fall das gute oder schlechte Resultat der Desinfektion dem Sprayverfahren oder dem Glycerinzusatz zuzuschreiben war. Späterhin hat sich letzterer als unwesentlich und in praktischer Hinsicht unzweckmäfsig erwiesen und darf wohl als verlassen gelten. Rein wässerige Lösungen von Formaldehyd benutzten zur Versprayung Czaplewski und Prausnitz. Sie bedienten sich dazu der üblichen Sprayapparate, die allerdings etwas modifiziert und in gröfseren Abmessungen ausgeführt waren. Das

1) Patentschrift.

Sprayprinzip hat entschieden den Vorteil, dafs grofse Mengen Formalin in kürzester Zeit zur Verdampfung gebracht werden können und dafs dabei eine Wasserverdampfung in gröfseren, zuweilen vielleicht zu grofsen Mengen ohne weiteres erfolgt.

Alles in allem genommen, dürfte sich in den meisten Fällen die Verdampfung aus wässerigen Lösungen den übrigen Verfahren überlegen erweisen und die meiste Anwendung verdienen. Die Form des Apparates ist dabei ziemlich gleichgültig, sofern nur das Anbrennen der Formaldehyddämpfe vermieden wird und die ganze berechnete Formalinmenge zur Verdampfung kommt. Diejenigen Apparate werden im allgemeinen die meiste Empfehlung verdienen, welche so einfach sind, dafs sie sich womöglich leicht improvisieren lassen. Wir benutzten für unsere Versuche zunächst einfache Emailletöpfe, die mit Formalin unter Zugabe von Wasser gefüllt und mit Spiritusvergasungsbrennern geheizt wurden. Dabei zeigte sich der Übelstand, dafs mitunter die Flamme so hoch schlug, dafs die Formaldehyddämpfe Feuer fingen, welches auf den Inhalt des Topfes übergriff und den Rest des Formalins zu Kohlensäure und Wasser oxydierte, somit unwirksam machte. Diese Beobachtung führte uns nach verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen, z. B. das Hochschlagen der Flamme durch ein Drahtnetz zu verhindern, dazu, die Töpfe mit einem Aufsatz zu versehen. Derselbe besteht aus einem Trichter von Weifsblech, dessen weitere Öffnung in den Topf eingepafst wurde, sodafs die Formaldehyddämpfe nur nach oben durch die Röhre entweichen konnten (vgl. Fig. 1). Unsere Emailletöpfe hatten eine Weite von 16—17 cm, eine Tiefe von $8^1/_2$ cm und waren oben mit einem 17 cm langen Handgriff versehen; die Aufsätze tauchten 5 cm tief in die Töpfe ein, ruhten auf deren Mündung mit einem Falz auf und überragten sie zunächst cylindrisch in derselben Weite um 5 cm, um sich dann konisch nach oben zu verjüngen (8 cm) und in einen $6^1/_2$ cm weiten und $4^1/_2$ cm hohen Cylinder überzugehen. Die Öffnung, durch welche die Dämpfe entwichen, befand sich also $17^1/_2$ cm über der Mündung des Topfes bezw. $24^1/_2$ cm über der Spiritusflamme. Der Brenner soll so gewählt werden, dafs die Flamme

nicht blofs die Mitte der Bodenfläche des Topfes berührt, sondern auf dieselbe auch peripher direkt einwirkt; die Flamme soll jedoch auch nicht darüber emporschlagen, keinesfalls auf den konischen Teil des Aufsatzes übergreifen.

Man könnte denken, durch diesen Aufsatz würde die Verdampfung verzögert; wenn derselbe gar zu hoch gewählt wird, so ist dies infolge Rücklaufs von Condenswasser auch der Fall; bei unseren Abmessungen jedoch bleibt das obere Ende heifs,



Fig. 1.

und die Verdampfung wird im Gegenteil beschleunigt, da nicht wie im offenen Topf Doppelströmungen entstehen, welche die Flüssigkeit abkühlen. Durch die Verengerung der Ausströmöffnung werden die aufsteigenden Dämpfe eingeengt, so dafs für den Gegenstrom der Luft kein Platz mehr bleibt.

Die Emaillierung des Topfes ist kein Erfordernis, im Gegenteil; der Topf mufs aber aus einem Stück bestehen oder hart gelötet sein. Weit besser als die von uns nur der gröfseren Wohlfeilheit halber benutzten Emailletöpfe sind Töpfe aus einem Stück Kupfer. Denn selbstverständlich leiden die Emailletöpfe, wenn sie am Schlufs der Versuche leer über der Flamme stehen, durch Abspringen der Emaille und werden schliefslich schadhaft, rosten durch. Im Verlauf der Versuche, doch erst nach etwa 50 Versuchen mufsten daher die Emailletöpfe, welche übrigens

nur ungefähr 50 Pfennige das Stück kosteten, durch neue ersetzt werden, ein Mifsstand, welcher sich durch Verwendung kleiner kupferner Kessel vollkommen hätte vermeiden lassen.

Unser Apparat wurde zunächst nur mit Wasser beschickt, alsdann zündeten wir die Brenner an und warteten ab, bis das Wasser lebhaft kochte, und gaben erst dann die entsprechende Menge Formalin hinzu; wir rechneten den Beginn der Desinfektion von dem Zeitpunkte des Kochens der Formalinlösung. Durch ein kleines Guckfensterchen in der Thür beobachteten wir die weiteren Vorgänge und konnten von da aus auch Thermometer und Hygrometer, die in Kopfhöhe im Versuchsraum angebracht waren, ablesen. In einzelnen Versuchen wurden aufserdem ein Registrierthermometer und ein ebensolches Hygrometer an der Decke, in anderen Versuchen am Fufsboden angebracht, um die Verteilung von Temperatur und Feuchtigkeit genauer erkennen zu lassen. Wir gaben aus dem Grunde das Formalin erst zum kochenden Wasser hinzu, um ein möglichst rasches Verdampfen des Formalins und damit in thunlichst kurzer Zeit eine hohe Concentration der Formaldehyddämpfe in der Luft zu erreichen. Ein weiteres Mittel, eine rasche Verdampfung zu erzielen, bestand in der Verteilung der zu verdampfenden Flüssigkeiten auf mehrere, in unsern Versuchen vier Apparate. Hierdurch war gleichzeitig eine bessere Verteilung des Formaldehyds im Raume gewährleistet, als wenn wir nur einen oder zwei Apparate verwendet hätten.

Wir kommen nun auf einen Vergleich der verschiedenen Wirkungen unseres und des Flüggeschen Apparates zu sprechen. Letzterer kann sowohl aufserhalb als innerhalb des zu desinfizierenden Raumes aufgestellt werden, unserer nur innerhalb. Zweifellos bietet die Möglichkeit, den Apparat auch aufserhalb aufzustellen, unter Umständen gewisse Vorteile. So kann es erwünscht sein, bei einigen Infektionskrankheiten, z. B. Flecktyphus, Pocken, Pest u. s. w., einen Raum überhaupt vor geschehener Desinfektion nicht mehr betreten zu müssen; aufserdem kann die Aufstellung des Apparates in einem reichlich ausgestatteten Zimmer räumliche Schwierigkeiten bieten und auch eventuell

eine Feuersgefahr in sich schliefsen, zumal wenn eine Beobachtung der Flamme von aufsen, etwa durch Fenster oder Schlüsselloch, nicht möglich ist. Endlich kann in den Fällen, wo in einem Hause mehrere Räume zu desinfizieren sind oder wegen einer gröfseren Epidemie Mangel an Apparaten ist, der Apparat sofort nach der Verdampfung wieder anderweitig verwendet werden, während bei Aufstellung innerhalb des Zimmers das Ende der Desinfektionsdauer abgewartet werden mufs, worüber mindestens einige Stunden verstreichen. Dem steht jedoch unter normalen Verhältnissen der gewichtige Nachteil entgegen, dafs bei der Verdampfung aufserhalb durch Undichtigkeiten des Apparates ein Verlust an Formalin leicht eintritt, der die Desinfektionswirkung vermindern, eventuell in Frage stellen kann. Eine solche Undichtigkeit bestand z. B. bei dem von uns verwendeten Flüggescher Originalapparat, dessen Einfüllstutzen stets Formalindämpfe durchliefs, die zum mindesten den Aufenthalt in der Nähe unangenehm machten, wenn der Verlust vielleicht auch die Wirkung nicht wesentlich beeinträchtigt haben mochte; bei innerer Aufstellung des Apparates schadet diese Undichtigkeit nichts. Aber die Verwendung eines so grofsen Apparates mit seinem grofsen Spiritusbassin bedingt eine gröfsere Feuersgefahr als die Aufstellung mehrerer kleiner Apparate, bei denen die Flamme nie so hoch schlägt und auch weniger Umfang hat. Wir sahen mehrfach beim Flüggeschen Apparat, dafs gegen Ende der Verdampfung infolge der stärkeren Erhitzung des Kupferkessels der noch übrige Spiritus eine meterhohe Flamme bildete, die ringsum den Kessel in die Höhe schlug. Jedenfalls müfste man diese Möglichkeit kennen, besonders in den Fällen, wo gleichzeitig gemäfs Instruktion Betten, Kleider etc. im Zimmer zur Desinfektion aufgehängt werden, um durch Freilassen eines genügenden Zwischenraumes um und über dem Apparat die Gefahr zu vermeiden. Was nun die Wirkung der beiden Apparate betrifft, so zeigte sich dieselbe unter gleichen Versuchsbedingungen ziemlich gleichwertig; es ist auch kein Grund einzusehen, weshalb unsere Einrichtung schlechter wirken sollte. Denn einmal erfolgt die Verdampfung mit Hilfe der vier Apparate, die durch kleinere

Brenner angeheizt werden, ebenso rasch wie mit dem einen grofsen Apparat und grofsen Brenner, so dafs also die Konzentration des Formaldehyds im Raume in beiden Fällen die gleiche war; durch weitere Vermehrung der Kocheinrichtungen läfst sich die Concentration sogar noch steigern. Gleichzeitig mufs auch die Verteilung eine bessere sein, wenn man vier Apparate an verschiedenen Stellen verwendet als nur einen, und zweitens vielleicht bei unserem Apparat auch wegen der verschiedenen Weite der Dampfabströmungsröhren besser als bei dem Flüggeschen. Denn bei letzterem ist wohl mit Rücksicht auf die Durchführungsmöglichkeit durch das Schlüsselloch jene Abstromröhre so sehr eng gewählt; der Nachteil, der hieraus erwachsen kann, besteht darin, dafs der Dampfstrahl mit grofser Vehemenz seine Bewegungsrichtung auf grofse Entfernung beibehält. Bei äufserer Aufstellung des Apparats dürfte infolgedessen die Thürseite nebst den beiden angrenzenden Wänden etwas schlechter wegkommen als die gegenüberliegende nicht allzuweit entfernte Wand, gegen welche einerseits der Dampfstrahl anprallt, welche aber anderseits hinwiederum meist dadurch eine Einbufse am Formaldehyd schafft, dafs es sich um die vorzugsweise lüftende Fensterwand handelt. Immerhin erfolgt hierbei der eventuelle Anprall günstigerweise im unteren Teil des Zimmers, anders bei innerer Aufstellung des Apparats. Dann wird das Formaldehyd mit noch gröfserer Gewalt an die Decke geschleudert, an der Anprallstelle teilweise absorbiert und breitet sich dann über die ganze Decke hin aus, um schrittweise in abnehmender Concentration an den Wänden nach unten zu sinken. Ein Nachteil gegenüber unserem Apparat würde hierbei darin bestehen, dafs die Decke durch den scharfen Anprall des Formaldehyds zu viel von dem Desinfektionsmittel absorbierte. Bei Anwendung unseres wie übrigens aller derartigen Apparate ist zwar ebenfalls die Wirkung in der oberen Zimmerhälfte intensiver als unten; aber da infolge der weiten Ausstromröhre kein Einpressen in die Fugen und Poren der Decke erfolgt, ist ein geringerer Verlust zu erwarten, und die untere Zimmerhälfte dürfte besser wegkommen. Der Preisunterschied der Apparate könnte als neben-

sächlich gelten, ist aber praktisch sicher häufig von grofsem Belang. Unser Apparat (Brenner nebst Emailletopf mit Aufsatz) kostete uns 2—3 Mk., das macht bei Verwendung der vier den Flüggeschen Apparat ersetzenden Vorrichtungen etwa 10 Mk. Der Flüggesche Apparat, von der Firma G. Härtel in Breslau bezogen, kostete uns dagegen etwa 70 Mk. Aufserdem empfiehlt Flügge die Verwendung zweier Apparate in gröfseren Räumen, von über 150, am besten schon von über 100 cbm Inhalt. In solchen Fällen kann man vielfach bei unserem Verfahren mit einem Kostenaufwand von 12—15 Mk. auskommen, während nach Flügge dann etwa 140 Mk. für die Apparate aufzuwenden sind.

Nach Ausführung der Desinfektion kann der Wohnraum meistens nicht so lange entbehrt werden, bis der unangenehme Formaldehydgeruch von selbst durch Lüftung verschwunden ist, dazu wären Wochen und selbst Monate erforderlich. Wir besitzen aber in dem Ammoniak, das sich mit dem Formaldehyd zu Hexamethylentetramin verbindet, ein wirksames Mittel zur Beseitigung dieses Geruchs. Das Ammoniak als Desodorierungsmittel in der Praxis der Formalindesinfektion hat daher allgemeine Einführung gefunden, verschieden sind nur die Methoden seiner Entwicklung. Nächstliegend war wohl der Gedanke, dasselbe durch Erwärmen seiner wässerigen Lösung in Freiheit zu setzen. So empfiehlt Flügge[1]), das Ammoniak mit einem besonderen Kochapparat aufserhalb des Zimmers zu entwickeln und durchs Schlüsselloch einzuleiten. Dieses Verfahren hat den nicht zu unterschätzenden Nachteil, dafs in dem ohnehin mit Wasserdampf erfüllten Raum überflüssigerweise noch eine beträchtliche Menge Wassers eingeführt wird, wodurch die Politur der Möbel, Bronzegegenstände u. dgl. leidet. Wir ziehen daher die Entwicklung des Ammoniaks auf trockenem Wege vor, wie zuerst Rubner[2]) vorgeschlagen hat. Das Desodorierungsverfahren, welches wir demnach in Anwendung brachten, gestaltete sich wie folgt: Zunächst wurden die Fenster des Raumes geöffnet und bei dieser Gelegenheit die Kochtöpfe nebst Brennern heraus-

1) S. 15 u. 18 a. a. O.

2) Rubner und Peerenboom, a. a. O., S. 274.

geholt, um für die Desodorierung vorbereitet zu werden. Die Töpfe wurden alsdann mit käuflichem Ammoniumkarbonat beschickt, dem wir Lavendelöl zusetzten. Die theoretisch nötige Menge Ammoniumkarbonats läfst sich aus der Formalinmenge leicht berechnen. In Räumen, die viele Möbel enthalten, mufs man, wie wir gesehen, einen erheblichen Überschufs an Hirschhornsalz zusetzen, etwa doppelt so viel als theoretisch erforderlich.[1]) Die Zugabe des Lavendelöls braucht weniger ängstlich bemessen zu werden, man kann auf kleinere Räume etwa 10 ccm, auf sehr grofse bis 20 ccm nehmen. Der Geruch, welcher sich hierdurch dem Zimmer mitteilt, ist weit angenehmer als der Geruch des Ammoniaks oder des Lavendelöls für sich, was für die Verbreitung der Formalindesinfektion nur vorteilhaft sein kann. Nachdem der Raum eine Viertelstunde gelüftet war, wurden die Kochtöpfe mit darunter gestellter Flamme wieder hineingebracht, die Fenster geschlossen und der Raum eine halbe Stunde den Ammoniak-Lavendeldämpfen ausgesetzt. Alsdann wurde das Fenster wieder für eine Viertelstunde geöffnet, wonach nur ein so schwacher, nicht unangenehmer Geruch zurückblieb, dafs wir den Raum alsbald und, wenn unumgänglich erforderlich, noch am selben Abend auch als Schlafzimmer hätten benutzen können.

1) Zur Bindung von 100 g Formaldehyd werden theoretisch etwa 125 g Ammoniumkarbonat gebraucht.

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. A. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

DREIUNDVIERZIGSTER BAND. 3./4. HEFT.

MÜNCHEN UND **BERLIN.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1902.

Inhalt.

In dem nächsten Hefte folgen:

Über die Beeinflussung der Alexinwirkung durch Absorption. Ein Beitrag zur Kenntnis der natürlichen Schutzstoffe des Blutes. Von Dr. M. Wilde. (Aus dem hygienischen Institut der Universität München.)

Beitrag zur kulturellen Typhusdiagnose. Von Dr. Friedrich Krause, Hilfsassistenten am Institute. (Aus dem königlichen hygienischen Institut Posen. Direktor: Medizinalrat Professor Dr. Wernicke.)

Einsendungen beliebe man an ***Prof. Rubner, Berlin C., Klosterstr. 36,*** *zu richten.*

Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds durch allseitigen künstlichen Innenwind.

Von

Dr. **Eugen Mayer** und Dr. **Heinrich Wolpert.**

Stabsarzt
früher Assistent am Institut.

Privatdozent
Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Obwohl der Formaldehyd spezifisch etwas schwerer als die Luft ist, wird er doch bei jeder Entwicklung auf warmem Wege, welchen der bisher vorgeschlagenen Apparate man auch anwenden mag, stets zunächst an die Decke geführt und daselbst teilweise absorbiert, um alsdann in fortschreitend geringerer Konzentration allmählich nach unten zu sinken. Daher rührt die Erscheinung, dafs wohl in den höheren Luftschichten des Zimmers, etwa an der Decke oder auf einem Schrank die Desinfektion leicht eine vollkommene wird, um so schwerer aber in der unteren Zimmerhälfte und besonders an Wänden und Möbeln gegen den Fufsboden zu, und auf demselben etwa unter einem Bett oder unter einem Schrank.

Diese Beobachtung, welche einem Jeden bei derartigen Versuchen ins Auge fällt, könnten wir mit einer fast endlosen Anzahl von Beispielen aus unseren Versuchen belegen; wir wollen uns damit begnügen, einige Beispiele herauszugreifen, bezw. zusammenzufassen.

In den Versuchen Nr. 1—34 (vgl. Generaltabelle) wurden die Testobjekte, Milzbrandsporen-Seidenfäden, auf dem Fufsboden, in Kopfhöhe und an der Decke untergebracht; in der Regel acht

Stück auf dem Fufsboden, sechs Stück in Kopfhöhe und zwei Stück an der Decke (Summe 16 Stück). Waren die Versuchsbedingungen derartige, dafs nirgends eine Abtötung eintrat (Nr. 1—3) oder auch überall (Nr. 4—7), so wird selbstverständlich keine Höhenwirkung offenbar. Aber letztere mufs dann zu Tage treten, wenn die Formalinmenge so gewählt ist, dafs nicht sämtliche, am zweckmäfsigsten nur wenige Proben eine Abtötung erleiden. Die Versuche Nr. 8—34 ermöglichen einen Vergleich in dieser Hinsicht. Ist der Höhenunterschied belanglos, so dafs nur anderweitige Faktoren und Zufälligkeiten, wie die vielleicht nicht bei allen einzelnen Fäden völlig gleichmäfsige Imprägnierung mit dem Sporenmaterial oder dergleichen, eine verschiedene Desinfektionswirkung hervorzurufen geeignet sind, dann ist doch jedenfalls eine an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit gegeben, dafs eine positive Desinfektionswirkung durchschnittlich, wegen der gröfseren Zahl an daselbst deponierten Testobjekten, den Fufsboden mit seinen acht und die mittlere Zimmerhöhe mit ihren sechs Fäden vor der Decke mit ihren zwei Fäden bevorzugen werde — insbesondere in Versuchen, wo etwa nur zwei oder drei Objekte zur Abtötung kommen. Das Gegenteil war aber der Fall. In allen Fällen, von Versuch Nr. 8—34, wo immer eine positive Desinfektionswirkung nur an einzelnen Fäden erfolgte, erwiesen sich gerade die Deckenobjekte als die von der Abtötung vorzugsweise betroffenen (Beispiel Versuch Nr. 8); erst in zweiter Linie, wo mehr Objekte abgetötet wurden, wurden auch die sechs Objekte in Kopfhöhe zum Teil oder vollzählig mitbetroffen (Beispiel Versuch Nr. 9); erst in letzter Linie, wo mehr als acht Objekte eine Einwirkung erkennen liefsen, pflegte die Abtötung auf den Fufsboden überzugreifen (Beispiel Nr. 14 und 17).

Von Versuch Nr. 35 ab wurden die höchsten Objekte nicht mehr an der Decke fixiert, sondern auf einem Schrank deponiert, fernere Objekte etwas tieferliegend auf einer Wandkonsole, andere wieder tiefer auf einem Bett, und wie früher auch welche auf dem Fufsboden. Hier wiederholte sich die gleiche Erscheinung. Beispielsweise wurden in Versuch Nr. 44 nur die Objekte

auf Schrank, Konsole und Bett abgetötet, unversehrt blieben dagegen die auf dem Fufsboden frei oder versteckt liegenden Fäden und auch solche, welche in vorgezogenen Schubladen untergebracht waren.

Das sind Resultate, welche Jeden, der mit praktischen Desinfektionsausführungen zu thun hat, nachdenklich stimmen müssen. Denn auf eine Desinfektion gerade der unteren Zimmerhälfte kommt es doch, wie wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht, in praxi wesentlich mehr an als auf eine solche der oberen — ein Umstand, auf den bisher wohl nicht genug Nachdruck gelegt wurde. Offenbar sind Mittel anzustreben, welche gestatten, die Desinfektion der Wohnräume entweder gleichmäfsiger als bei der üblichen Formalindesinfektion zu gestalten oder, noch zweckmäfsiger vielleicht, die bisherige Wirkung umzukehren, nämlich die stärkere Wirkung von der Decke nach dem Fufsboden zu verpflanzen.

Wir hofften, der Forderung einer gleichmäfsigen oder eher nach dem Fufsboden hin stärkeren Desinfektionswirkung dadurch Genüge leisten zu können, dafs wir mit Hilfe eines transportablen Flügelventilators abwechselnd alle Teile des unteren Zimmers einem künstlichen Anprall der formaldehydhaltigen Luft aussetzten. Letzteres war dadurch erreichbar, dafs der Ventilator auf einer durch ein Federuhrwerk in Rotation versetzten Scheibe montiert wurde[1]); es drehte sich dabei also erstens das Flügelrad des Ventilators und zweitens senkrecht zu dieser Bewegungsrichtung die Unterlage des Ventilators. Der Apparat wurde mitten im Zimmer auf dem Fufsboden aufgestellt.

Zunächst suchten wir zu ermitteln, ob bereits durch eine bessere Luftmischung, wie sie bei Laufenlassen des Ventilators ohne Drehung der Unterlage (Fig. 1) gegeben war, ein kräftigerer Desinfektionserfolg gewährleistet werde. Dafs thatsächlich die Luft auf diese Weise eine vorzügliche Durchmischung

1) Anfänglich, bis Versuch Nr. 47 excl., kam aus äufseren Gründen eine einfachere, wenig praktische Drehvorrichtung in Anwendung, deren Beschreibung wir hier übergehen; näheres ist aus der Bemerkung zu Abteilung II der Generaltabelle (s. unten) ersichtlich.

erfuhr, davon überzeugten wir uns zunächst in Vorversuchen, indem wir im oberen Teil des Versuchszimmers, auf einer hohen Leiter, Salpeterpapier verbrannten. Wir konnten auf diese Weise im oberen Teil des Zimmers eine nach unten scharf abgegrenzte dunkle Rauchwolke erzeugen, welche von unten nicht einmal die Decke erkennen liefs; diese Wolke hielt sich viele Minuten lange in anscheinend genau gleicher Höhe. Sobald wir aber den Ventilator einschalteten, war innerhalb einiger Sekunden die Rauchwolke verschwunden, die Decke wieder sichtbar und

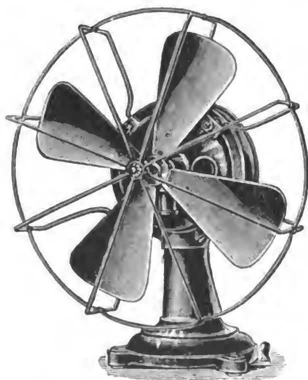


Fig. 1.

der Rauch gleichmäfsig und schwach über das ganze Zimmer verteilt.

Der Ausfall dieser Vorversuche durfte vielleicht erwarten lassen, dafs schon die Anwendung des gewöhnlichen Ventilators an sich, ohne die rotierende Unterlage, eine bessere Desinfektion der unteren Zimmerhälfte verspreche, da ja hierdurch auch der Formaldehyd ziemlich gleichmäfsig im Raum verteilt werden müsse, und sogar, bei tiefer Aufstellung des Ventilators, voraussichtlich eher die untere als die obere Zimmerhälfte besser

wegkommen möchte. Um jedoch möglichst ungetrübt die reine Wirkung der besseren Verteilung, ohne die Komplikation durch die Druckwirkung des Windes zu erkennen, gaben wir in diesen Versuchen dem Wind eine solche Richtung, dafs er thunlichst auf Testobjekte nicht unmittelbar auftraf.

Die Erwartungen, welche an diese Versuche geknüpft werden konnten, gingen nicht in Erfüllung. Wie aus Tabelle III, Abteilung I hervorgeht, war die Desinfektionswirkung unter dem Einflufs der einseitig bewegten Luft durchaus nicht besser, sondern im Gegenteil schlechter als in ruhender Luft: einseitig bewegte und ruhende Luft verhielten sich in den Mitteln dreier Versuchsgruppen wie 100 : 134, 100 : 122, 100 : 100 in ihrer Wirksamkeit. Wir haben freilich nur etwa 10 derartige Vergleichsversuche angestellt, und vielleicht würde als Mittel von sehr vielen Versuchen resultieren, dafs die einseitige Luftbewegung nicht wesentlich schadet noch nützt. Wir möchten dies dahingestellt sein lassen. Jedenfalls ermutigte uns der Ausfall dieser wenigen Versuche nicht zu einem Weiterarbeiten nach dieser Richtung. Dafs hierbei eine geringere Desinfektionswirkung statthaben konnte, möchte folgendermafsen zu erklären sein: Wenn bereits in ruhender Luft die Decke mehr Formaldehyd absorbierte, so wurde noch weit mehr Formaldehyd bei stark bewegter Luft von dem Fufsboden und den festen Gegenständen in der Windrichtung in Beschlag genommen und zwar vielleicht eine so grofse Menge, dafs für den ganzen übrigen Raum zu wenig verblieb; dazu kam noch die Erhöhung der Raumventilation unter dem Einflufs des künstlichen inneren Winddruckes; alles in allem genommen erwies sich daher, ungeachtet einer zweifellos gleichmäfsigeren Formaldehydverteilung, die Desinfektionswirkung infolge des einseitigen Innenwindes nicht gesteigert, sondern geschwächt. Übrigens handelte es sich hier stets um Sommerversuche. Vielleicht überwiegt im Winter, im geheizten Zimmer, der Nutzen einer besseren Wärmeverteilung die beregten Nachteile einigermafsen.

Ganz anders gestalteten sich die Resultate, sobald die rotierende Unterlage hinzukam (Fig. 2). Die hierdurch erzielte sehr

günstige Wirkung geht deutlich aus Tabelle III, Abt. II—IV (s. unten) hervor. Man ersieht hieraus, dafs die erhöhte Wirkung thatsächlich weniger einer besseren Luftmischung als einer vermehrten Luftbewegung, die sich in einem **allseitigen Winddruck und Anprall** der formaldehydhaltigen Luft äufserte, zu verdanken war. Nach Ausweis der Generaltabelle (Versuche Nr. 42, 43, 46, 47, 51 u. s. w.) betraf zudem die gesteigerte Wirkung in ausnehmend günstiger Weise insbesondere auch, wie leicht begreiflich, gerade die versteckter liegenden Objekte, welche ohne eine derartige Einwirkung kaum zu erreichen sind.



Fig. 2.

Allerdings, verdampft man nur minimale Mengen von Formalin, von denen man eine Wirkung eigentlich von vornherein nicht erwarten darf, etwa 50 ccm auf 100 cbm, so mufs die Wirkung beide Male gleich Null sein. Aus den entsprechenden Versuchen in Tabelle III, Abt. IIa, ist dieses Verhalten ersichtlich. Nimmt man etwas höhere, immer noch gänzlich unzureichende Formalinmengen, so wird man offenbar an einen Punkt gelangen können, wo die Desinfektionswirkung sogar bei ruhender Luft gröfser ist als bei allseitig bewegter; dann nämlich, wenn die Konzentration der Formaldehyddämpfe in der ruhenden Luft eben für eine schwache Wirkung ausreicht; für diesen Fall wird ceteris paribus in bewegter Luft die Konzentration verringert, indem infolge des inneren Winddrucks die Ventilation des Zimmers gesteigert wird, folglich auch gröfsere Mengen Formaldehyds als in ruhender Luft verlustig gehen, vielleicht so grofse Mengen, dafs die an sich günstige Anprallwirkung

überkompensiert wird. Das ist in der That der Fall. Aus der zweiten Versuchsgruppe in Tabelle III, Abt. II, wobei 100 bis 200 ccm Formalin zur Verwendung kamen, geht unzweideutig die Richtigkeit dieser Anschauung hervor; die ruhende Luft war unter diesen Versuchsbedingungen der allseitig bewegten bedeutend überlegen. Doch schon bei 300, 400, 500 ccm Formalin auf 100 cbm (Gruppe III der gleichen Tabelle), Mengen, wie sie noch weit unter den in der Praxis üblichen liegen, schaffte die Anprallwirkung unverkennbar reichliche, und mehr als reichliche Deckung für den Materialverlust infolge des inneren Winddrucks. Das Wirksamkeitsverhältnis von allseitig bewegter zu ruhender Luft stellt sich für 300, 400, 500 ccm Formalin bezw. auf 100 : 81, 100 : 74, 100 : 49. Während in allseitig bewegter Luft die Milzbrandsporen ausnahmslos oder fast so gut wie ausnahmslos abgetötet wurden (100/100, 98/100, 97/100), war dies in ruhender Luft bei weitem nicht der Fall (81/100, 73/100, 48/100). Das Zimmer war in diesen Versuchen freilich unmöbliert.

Im möblierten Zimmer tritt jedoch der gleiche Unterschied zu Tage (Tabelle III, Abt. IIb). Das Wirksamkeitsverhältnis von allseitig bewegter zu ruhender Luft stellte sich hier bezw. auf 100 : 67, 100 : 71, 100 : 36, 100 : 44 für 300, 500, 1000, 1500 ccm Formalin auf 100 cbm. In ruhender bezw. allseitig bewegter Luft wurden die Sporen durch 300 Formalin zu 20/100 bezw. 30/100 abgetötet, weiterhin durch 500 Formalin zu 29/100 bezw. 41/100, durch 1000 Formalin zu 18/100 bezw. 50/100, durch 1500 Formalin endlich zu 41/100 bezw. 93/100.

Vergleicht man die allseitig bewegte Luft mit einseitig bewegter hinsichtlich des Desinfektionsresultats, so ergeben sich für das unmöblierte Zimmer die Verhältniszahlen von 100 : 61, sowohl für 300 wie 400 Formalin (Tabelle III, Abt. III). Für das möblierte Zimmer kann dieser Vergleich, mangels entsprechender Versuche mit einseitiger Windwirkung, nicht gezogen werden; es besteht kein Zweifel, dafs hier die Verhältnisse ähnlich liegen.

Wie Abt. IV der Tabelle III erkennen läfst, verhielten sich schliefslich allseitig bewegte, einseitig bewegte und ruhende Luft im unmöblierten Zimmer in ihrer Wirksamkeit wie 100 : 61 : 81 für

300 Formalin, wie 100 : 61 : 74 für 400 Formalin, wie 100 : 100 : 100 für 750 : 1000 : 1250 Formalin.

Vergleicht man nur solche Versuche gesondert unter sich, in welchen die Sporen von gleicher Resistenz waren und durchweg die Wirkung angemessener, mittelgrofser Formalinmengen (1000 ccm Formalin auf 100 cbm) erprobt wurde, so ergibt sich als Resultat auch nichts anderes: Für Sporenmaterial von 1—2 Minuten Dampfresistenz (Tabelle IV, Abt. I) verhält sich ruhende Luft zu allseitig bewegter wie 28/100 : 77/100 in ihrer Wirksamkeit und für Sporen von mindestens 3—4 Minuten Dampfresistenz ähnlich, nämlich zu 7/100 : 22/100. Auf die verschiedene Resistenz der verwendeten Sporen brauchte, wie oben geschehen, keine Rücksicht genommen zu werden, da die Parallelversuche stets mit gleichartigem Sporenmaterial, wie überhaupt unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen angestellt wurden. Wie ferner aus Tabelle V, Abt. I und II, hervorgeht, bestand speciell in den hier zuletzt für 1000 Formalin verglichenen Versuchen im Mittel die gleiche Raumtemperatur; die unterschiedliche Wirksamkeit der Desinfektion in den beiden letzten Parallelgruppen ist somit jedenfalls ausschliefslich auf die einzige Verschiedenheit, den allseitigen künstlichen Innenwind, zurückzuführen.

Für ein Zimmer von 100 cbm nimmt man bisher üblicherweise nicht 1000, sondern ca. 1500 (1600) ccm Formalin bei $3^1/_2$ Stunden Desinfektionsdauer (vgl. Flügge, citierte Schrift S. 14). Nach unseren Versuchsergebnissen darf man darauf rechnen, mindestens das gleich günstige, wenn nicht ein erheblich besseres Desinfektionsresultat zu erhalten bei Verdampfung schon der Hälfte, wenn nicht eines Drittels der bisher als ausreichend erkannten Formalinmenge, falls man den rotierenden Ventilator benutzt. Um sicherer zu gehen, möchten wir vorläufig 1000 ccm Formalin für 100 cbm Luftraum als Grundzahl bei Benutzung des selbstrotierenden Ventilators ansehen, wohl wissend, dafs man dann meistenteils, bei Desinfektion eines Diphtheriekrankenzimmers z. B., mit einem Überschufs von Formalin arbeiten wird.

In unseren obigen Versuchen hatte der Luftstrom eine Geschwindigkeit von 7—8 m sekundlich, wie sie zufällig unser elektrischer Lundell-Ventilator bot; da das Flügelrad des Ventilators 40 cm im Durchmesser hatte, so wurde in der Minute dabei ein Luftquantum von 53 cbm gefördert; der Elektricitätsverbrauch war dafür 0,9 Ampère unter 110 Volt Spannung. Der stündliche Betrieb eines solchen Ventilators kommt somit in Berlin, wo die Kilowattstunde 60 Pf. kostet, auf nicht ganz 6 Pf. zu stehen (vgl. A. und H. Wolpert, Die Ventilation, Berlin 1901, S. 590).

Ob eine wesentlich geringere Geschwindigkeit als 7 m in der Sekunde schon eine positive Wirkung hätte erkennen lassen, haben wir nicht untersucht, möchten es aber bezweifeln, da ja eben die Anprallwirkung das hauptsächlich wirksame Moment bildet. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Unterlage kann in weiten Grenzen schwanken; man wird sie aber nicht zu rasch wählen dürfen, um den Luftstrom des Ventilators möglichst in voller Kraft wie bei fehlender Umdrehung der Unterlage zu erhalten. In unseren Versuchen drehte sich die Unterlage in der Regel alle 2—3 Minuten einmal um und das war rasch genug; in einzelnen Fällen wählten wir noch weit weniger Umdrehungen mit ebenfalls befriedigendem Erfolg. Wir haben auf Grund unserer Versuche sogar die Anschauung gewonnen, dafs es schon genügen würde, wenn der Ventilator überhaupt während der ganzen Desinfektion nur einige Male sich umdrehen würde.

Das Streben, die Formaldehyddesinfektion durch eine künstliche Luftmischung wirkungsvoller und für alle Teile des Raumes gleichmäfsiger zu gestalten, trat schon früher zu Tage. So meint Gehrke[1]): »Die Vermutung lag nahe, dafs eine energischere Wirkung des Formalins gerade bezüglich des Vermögens in Hohlräume einzudringen, sich erzielen lassen würde, wenn man die Luft des Zimmers und damit die Formaldehyddämpfe in einer dauernden Bewegung erhalten würde. Zu dem Zwecke

1) Gehrke, Versuche über die desinfektorische Wirkung der mit dem Scheringschen Apparat Äskulap erzeugten Formalindämpfe. Deutsche mediz. Wochenschr., 1898, S. 242.

wurde in dem Raum auf einem Tische ein Kosmos-Ventilator mit Wasserbetrieb aufgestellt, der bei einer Förderung von ca. 2 cbm Luft in der Minute den Inhalt des Zimmers in der Stunde ungefähr drei Mal und in den 18 Stunden, während welcher der Ventilator in Betrieb war, die Luft des Zimmers ca. 54 mal durch sich hindurchsaugte. Trotz dieser doch recht energischen Luftbewegung (? M. u. W.) in dem Zimmer war das Resultat nicht verändert. Der Formaldehyd drang nicht weiter in die Röhrchen ein wie in früheren Versuchen.«

Öhmichen[1]) hatte schon vorher folgenden Versuchsapparat konstruiert: »Ein Metallcylinder von ungefähr $^1/_3$ cbm Inhalt wurde oben und unten bis auf eine kreisförmige Öffnung von ungefähr 10 cm Durchmesser geschlossen. Diese beiden Öffnungen wurden durch knieförmig gebogene Rohre von gleichem Kaliber, die an der Aufsenseite des Cylinders entlang liefen, verbunden. Am Boden des Cylinders wurde ein Flügelrad, dessen Durchmesser nur wenig kleiner als der des Cylinders war, angebracht und durch einen kleinen Wassermotor in Bewegung gesetzt. Unterhalb desselben auf einem Roste war Filtrierpapier ausgebreitet, das mit Formalin übergossen werden konnte. Über dem Flügelrad befand sich gleichfalls ein Rost für die Aufnahme der Testobjekte. Durch eine seitlich angebrachte, dicht schliefsende Thüre konnten die Objekte, ohne dafs zu viel Formalindämpfe entwichen, entnommen und das Filtrierpapier wieder angefeuchtet werden. Wurde der Apparat in Gang gesetzt, so entwickelte sich ein ständiger Luftkreislauf, so dafs die Formalindämpfe immer wieder in Aktion treten konnten.«

In einer neueren Patentschrift empfiehlt Bengué[2]), zwecks besserer Verteilung der Formaldehyddämpfe über dem Entwicklungsgefäfs ein Flügelrädchen anzubringen, welches, durch die aufsteigenden heifsen Dämpfe in Rotation versetzt, eine bessere seitliche Verteilung besorge.

---

1) Öhmichen, Beiträge zur Desinfektionslehre. Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamt, Bd. 11, S. 275, 1895.

2) Bengué, Verteilungsrad für Trioxymethylenvergaser u dergl. Patentschrift Nr. 108 103.

Wie man sieht, setzt sich keines dieser Verfahren zum Ziel, die unteren Teile des Zimmers einem thatsächlichen künstlichen Luftanprall auszusetzen. Bei der Einrichtung des Gehrkeschen Apparats wurde nicht die Luft des ganzen Zimmers hindurchgesaugt, sondern nur die Luft in der Mitte des Zimmers trat in Cirkulation, jedenfalls erfolgte keine energische Luftbewegung auf die Wände selbst und vielleicht auch nicht auf einen Teil der Wände, da der Ventilator sehr schwach war. Immerhin ist zuzugeben, dafs bis zu einem gewissen Grade eine bessere Luftmischung erreicht wurde ähnlich, wenn auch weniger stark als mit unserer Einrichtung ohne Rotation, womit wir ja ebenfalls keine bessere Wirkung erzielten. Die Laboratoriumsversuche von Öhmichen lassen sich nicht unmittelbar auf Ausführung der Desinfektion in Wohnräumen übertragen, auch gewinnen wir aus seinen Versuchsresultaten nicht die Überzeugung, dafs durch die Luftbewegung eine verstärkte Wirkung eingetreten sei. Versuche mit Bengués Einrichtung sind uns nicht bekannt; wir möchten dieselbe nicht ernst nehmen.

Wenn wir mit dem selbstrotierenden Ventilator auch bessere Resultate als bei der üblichen Desinfektionsausführung erzielten bezw. bei Erreichung des gleichen Resultats wesentliche Mengen an Formalin sparen konnten und somit die Anwendung des rotierenden Ventilators durchaus empfehlenswert finden, so werden doch äufsere Schwierigkeiten in der Praxis häufig, wenn nicht meistens, dazu führen, auf diesen Vorteil verzichten zu müssen. Wie wir gesehen haben, erreicht man aber eine ähnliche Aufbesserung der Desinfektionswirkung durch Erhöhung der Konzentration der Formaldehyddämpfe und Anwärmen des Raumes. Aber in manchen Fällen, wo, wie in zahlreichen Krankenhäusern, Motor und Kraft zur Verfügung stehen und viel darauf ankommt, den Raum bald wieder zu belegen, wird man gerne mit möglichst kleinen Formalinmengen auszukommen suchen und dann den Apparat (Fig. 2) mit besonderem Vorteil benutzen. Vor allem empfiehlt sich ein Ventilator, wenn auch ohne rotierende Unterlage (Fig. 1), auch zur raschen und energischen Vertreibung der Formalindämpfe nach Abschlufs der Desinfektion; man stellt dann den Ventilator

in zweckmäfsigster Weise nicht etwa in das Fenster, welches Vorgehen vielleicht am nächsten liegen könnte, sondern in die Nähe der dem Fenster gegenüberliegenden Wand, etwa auf einen Tisch auf und läfst ihn gegen das geöffnete Fenster nach aufsen blasen; die Thür wird währenddessen zweckmäfsig geschlossen gehalten.

In gewissen besonderen Fällen wird die Anwendung des rotierenden Ventilators so zu sagen unentbehrlich sein, nämlich in den Fällen, wo es sich um die Desinfektion aufsergewöhnlich hoher Räume handelt; als solche können beispielsweise in Betracht kommen die in Berlin wenigstens sehr hohen Schlafstellen der städtischen Asyle für Obdachlose oder Turnhallen, Exerzierhäuser etc., die im Falle der Not eventuell als Seuchenlazarette benutzt werden. Noch mehr als bei gewöhnlichen Wohnräumen ist in solchen Fällen die Desinfektion der Decken und des oberen Raumteils von äufserst geringem Belang, um so mehr aber jene im untersten Abschnitt des Raumes, vom Fufsboden an bis etwa zur Kopfhöhe. Mit Hilfe des selbstrotierenden Ventilators wird es möglich sein, diesen Teil des Raumes allseitig von den Formaldehyddämpfen erreichen zu lassen, welche andernfalls nur die Decke und den obersten Raumteil treffen und alsbald zum grofsen Teil durch Undichtigkeiten in Firsten etc. entweichen.

Tabelle I. Generaltabelle.

Vorbemerkungen.

Die Desinfektionsdauer betrug stets $3^1/_2$ Stunden, wo nichts anderes bemerkt. Der Raum hatte 109 cbm Inhalt (4,75 m Höhe, 2,32 m Breite, 6,90 m Tiefe). Die Testobjekte wurden an folgenden Stellen des Zimmers exponiert (+ = positives Wachstum, 0 = kein Wachstum, ? = Wachstum fraglich, — = Objekt nicht ausgelegt):

Platz 1 = Fufsboden dicht am Fenster (unter dem Fensterbrett)
- 1 = unbedecktes Objekt
- 1' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)

» 2 = Fenster-Vorhang, Innenseite, in Kopfhöhe
- 2 = unbedecktes Objekt
- 2' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)

» 3 = Fenster-Vorhang, Aufsenseite (in Kopfhöhe)
- 3 = unbedecktes Objekt
- 3' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)

» 4 = Fufsboden in der Nähe der Thür
- 4 = unbedecktes Objekt
- 4' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)

Platz 5 = Innenwand in Kopfhöhe
5 = unbedecktes Objekt
5' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
» 6 = Innenwand nahe der Decke
6 = unbedecktes Objekt
6' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
» 7 = Fufsboden inmitten des Zimmers, ca. 3½ m vom Fenster
7 = unbedecktes Objekt
7' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
» 8 = Fufsboden in der Nähe des Fensters, ca. 1½ m davon entfernt
8 = unbedecktes Objekt
8' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
» 9 = Fufsboden unter Bett, Kopfende, gegen Zimmer zu (unbedeckt wie ff.)
» 10 = Fufsboden unter Nachttisch
» 11 = Auf Bett, Kopfende
» 12 = Im Schubladenfach des Nachttisches (die Schublade selbst ist entfernt)
» 13 = Mitte der Tischschublade, von welcher ⅓ ausgezogen ist; Platz also von der Tischplatte überdeckt
» 14 = Auf dem unteren Brett einer zweiteiligen, über dem Tisch angebrachten Wandkonsole
» 15 = Auf der Vorderkante eines Kleiderschranks
» 16 = Fufsboden unter Bett, Kopfende, gegen die Wand zu
» 17 = Fufsboden unter der Mitte des Betts
» 18 = Fufsboden unter dem Fufsende des Betts, Innenseite
» 19 = Fufsboden unter dem Fufsende des Betts, Aufsenseite
» 20 = Nachttisch, Aufsenfläche, Platte unterhalb des Schubladenfachs
» 21 = Nachttisch Innenfläche, oberes Brett (Thür offen)
» 22 = Nachttisch Innenfläche, Boden (Thür offen)
» 23 = Hinten in der Tischschublade, von der ⅓ ausgezogen ist; Platz also von der Tischplatte überdeckt
» 24 = Mitten unter dem Tisch
» 25 = Mitten unter dem Kleiderschrank
» 26 = Innen im Kleiderschrank, unten (Thür offen)
» 27 = Innen im Kleiderschrank, oben (Thür offen)
» 28 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf dem Fufsboden)
» 29 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf dem Fufsboden)
» 30 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf einem Stuhl)
» 31 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf einem Stuhl).

In einzelnen Fällen setzten wir gleichzeitig in Drahtgaze-Behältern, die mitten im Zimmer auf einen Stuhl gestellt wurden, der Formaldehydwirkung auch aus: Mäuse (Hausmäuse), Fliegen, Schmetterlinge, Flöhe, Wanzen u. dergl. Durch ein Guckfensterchen in der Thür (eingekittetes Uhrglas) konnten Zimmer und Zimmerinhalt, Flammen u. s. w., in einem Teil der Versuche auch ein Thermometer und Hygrometer beobachtet werden.

Tabelle I. Generaltabelle.
Trockene Sommerversuche.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin-menge	Wasser-menge	Milzbrand nach Tagen:	Fuſs- Am Fenster frei (1)	Am Fenster bedeckt (1')	Unweit Fensters frei (8)	Unweit Fensters bedeckt (8')
1	19. Juni (Dienstag)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+
2	20. Juni (Mittwoch)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+
3	22. Juni (Freitag)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+

Da in den Versuchen 1—3 unter den gewählten Versuchsbedingungen (3 Pastillen pro cbm Raum) in keinem Fall eine auch nur schwache Desinfektionswirkung erfolgte, eine Steigerung der aufzuwendenden Formalinpastillen aber in Anbetracht der grofsen Zahl von Versuchen zu hohe Kosten verursacht und das Verdampfen von Wasser wohl doch nicht hätte ersparen lassen, so wurden die Versuche von Nr. 4 ab sämmtlich mit Verdampfung von Formalinlösung und Wasser angestellt. Ein besonderes Gewicht mufste auf die Vertreibung des dem Zimmer nach dem Versuch anhaftenden Formalingeruchs gelegt werden, damit der folgende Versuch nicht beeinflufst wurde; in den Fällen, wo am nächsten Tag noch ein deutlicher Formalingeruch wahrzunehmen war, wurde der etwa geplante Versuch in der Regel verschoben, bezw. ein »blinder Versuch« eingeschaltet (vgl. Nr. 20).

Tabelle I. Abteilung II.
Feuchte Sommerversuche. Grofse

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin-menge	Wasser-menge	Milzbrand nach Tagen:	Fuſs- Am Fenster frei (1)	Am Fenster bedeckt (1')	Unweit Fensters frei (8)	Unweit Fensters bedeckt (8')
4	26. Juni (Dienstag)	Ohne Wind	1500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0
					nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
5	27. Juni (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0
					nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
6	28 Juni (Donnerstag)	Mit Wind, nach einer Richtung	1000 ccm Formalin	1000 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0
					nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
7	29. Juni (Freitag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1000 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0
					nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0

Abteilung I. Versuche Nr. 1—3.
Testobjekte: Milzbrand.

boden				Kopfhöhe						Decke		Bemerkungen
Mitte Zimmers		An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		
frei (7)	bedeckt (7')	frei (4)	bedeckt (4')	frei (3)	bedeckt (3')	frei (2)	bedeckt (2')	frei (5)	bedeckt (5')	frei (6)	bedeckt (6')	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.

Vertreibung des Formalingeruchs nach beendeter Desinfektion, in Versuch Nr. 1—3 und 8—17: 1 Stunde mit Ventilator gelüftet, kein NH_3 entwickelt. Nr. 4—7: Nach Versuch Testobjekte eingesammelt, $^1/_4$ Stunde mit Ventilator gelüftet, $^3/_4$ Stunde die entsprechende Menge NH_3 aus Lösung entwickelt und einwirken gelassen, $^1/_4$ Stunde nochmals mit Ventilator gelüftet. Nr. 18 ff.: Nach Versuch Testobjekte eingesammelt, $^1/_2$ Stunde mit Ventilator gelüftet, $^1/_4$ Stunde unter Zugabe von 10 g Lavendelöl aus Ammoniumcarbonat Ammoniak im Übermafs entwickelt und alsdann $^1/_4$ Stunde mit rotiertem, bezw. rotierendem Ventilator allseitig verteilt, hierauf Thür und Fenster geöffnet und über Nacht offen belassen, um den nächsten Versuch auch nicht durch Ammoniak zu schädigen. (Selbstrotierender Ventilator von Nr. 47 ab in Benutzung.)

Versuche Nr. 4—7.
Formalinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

boden				Kopfhöhe						Decke		Bemerkungen
Mitte Zimmers		An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		
frei (7)	bedeckt (7')	frei (4)	bedeckt (4')	frei (3)	bedeckt (3')	frei (2)	bedeckt (2')	frei (5)	bedeckt (5')	frei (6)	bedeckt (6')	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (I) bleibt am Leben, doch ihre Atmung ist mehrere Tage gestört. Fenster beschlagen.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (II) bleibt am Leben und ist völlig mobil.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (III) bleibt völlig mobil; grofse Fliege (»Brummer«) ist tot; Nachtschmetterling lebt, aber Motilität gestört.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

In den Versuchen 4—5 wurden getrennt, je in einem Topf, 1500 ccm Formalin und 1500 ccm Wasser, in 6—7 je 1000 Formalin und 1000 Wasser verdampft. Die Desinfektion war in allen Fällen eine vollkommene. Daher wurde, von Versuch 8 an, zu kleineren Formalinmengen übergegangen.

Bemerkenswert ist in Nr. 4—6 (wie unten in Nr. 14, 15, 16, 17, 18, 21, 31, 36) die geringe Schädigung von Tieren durch den Formaldehyd.

Der elektrische Ventilator, inmitten des Zimmers aufgestellt, war zunächst auf einer, von Hand mittels Schnüren durch das Schlüsselloch hindurch drehbaren runden Scheibe montiert und wurde in den entsprechenden Versuchen (Nr. 5, 6, 10, 11, 12, 14, 15 u. s. w.) eine Stunde nach Beginn, d. h. alsbald nach Erlöschen der gewöhnlich ca 45—50 Minuten brennenden Flammen, eingeschaltet und bis zum Schluss, d. i. $2^{1}/_{2}$ Stunden in Betrieb belassen. Wo der Ventilator abwechselnd nach verschiedenen Richtungen wirken sollte, wie in Nr. 5, 12, 14 u. s. w., wurde ihm viertelstündlich durch Ziehen an den Schnüren eine andere Richtung gegeben, so dafs der künstliche Wind thunlichst gleichmäfsig im vollen Umkreis unmittelbar durch Anprall wirkte. Sollte der Wind nur

Tabelle I. Abteilung III.

Feuchte Sommerversuche. Kleine

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen	Fufs-					
						Am Fenster		Unweit Fensters		Mitte Zimmers	
						1	1'	8	8'	7	7'
8	2. Juli (Montag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	—	—	—	—
					nach 2 Tagen	+	+	—	—	—	—
					» 3 »	+	+	—	—	—	—
					» 5 »	+	+	—	—	—	—
9	3. Juli (Dienstag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	0	?	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+
10	4. Juli (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0
					» 5 »	0	0	0	0	0	0
11	5. Juli (Donnerstag)	Mit Wind, nach einer Richtung	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	?	0	0
					» 3 »	0	0	0	+	0	0
					» 5 »	0	0	0	+	0	0
12	6. Juli (Freitag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0
					» 5 »	0	0	0	0	0	0

nach einer Richtung hin blasen, wie in Nr. 6, 10, 11, 15 u. s. w., wo nämlich nur eine bessere Verteilung ohne die Anprallwirkung bezweckt war, wurde er so gerichtet, dafs er auf Testobjekte nicht unmittelbar auftraf. Die Drehvorrichtung mittels Schnüren erwies sich, wie vorausgesehen war, als mangelhaft; sie versagte zuweilen ganz, wie im Verlaufe von Nr. 43 u. 45, wo die Windrichtung infolge Festhakens oder Verschlingens der Schnur mit einem Male nicht mehr gewechselt werden konnte; sie wurde auch nur anfänglich, der geringen Kosten halber, gewählt und von Nr. 47 ab durch einen vollkommenen Mechanismus, wie er von Anbeginn im Programm lag, ersetzt: Der Ventilator wurde auf einer mittels Uhrwerks in Rotation versetzten Unterlage montiert, welche sich selbstthätig alle 3 Minuten einmal umdrehte; er stand in Nr. 1—18 auf einem Tisch und wurde in 19—46 zweckmäfsig tiefer, auf einen Stuhl gestellt; von Nr. 47 ab stand das Uhrwerk, welches den Ventilator alsdann trug, unmittelbar auf dem Fufsboden. Als Windgeschwindigkeit wurde stets, wo nichts Anderes angegeben, die maximal mit dem betr. Ventilator erreichbare, etwa 7(—8) m in der Sekunde gewählt; der Flügeldurchmesser des Ventilators betrug 40 cm.

Versuche Nr. 8—34.

Formalinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

boden		Kopfhöhe						Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 4 von 12 Fällen (33/100).
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 10 von 16 Fällen (62/100).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen	Fufs-					
						Am Fenster		Unweit Fensters		Mitte Zimmers	
						1	1'	8	8'	7	7'
13	9. Juli (Montag)	Ohne Wind	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	0	0	+	+
					nach 2 Tagen	+	+	+	0	+	+
					» 3 »	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	0	+	+
14	10. Juli (Dienstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	+
					» 3 »	0	0	0	0	0	+
					» 5 »	0	0	0	0	0	+
15	11. Juli (Mittwoch)	Mit Wind, nach einer Richtung	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	+	+	+	+
					» 3 »	0	0	+	+	+	+
					» 5 »	0	0	+	+	+	+
16	12. Juli (Donnerstag)	Mit Wind, nach einer Richtung	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	+	+	+	+
					» 3 »	0	0	+	+	+	+
					» 5 »	0	0	+	+	+	+
17	13. Juli (Freitag)	Ohne Wind	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	+	+	+	+
					» 3 »	0	0	+	+	+	+
					» 5 »	0	0	+	+	+	+
18	16. Juli (Montag)	Ohne Wind	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	+
					» 3 »	0	0	0	0	0	+
					» 5 »	0	0	0	0	0	+
19	17. Juli (Dienstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0	0	0
20	18. Juli (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	0 ccm Formalin	0 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	+	+	+	+
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
21	19. Juli (Donnerstag)	Ohne Wind	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	+	0	+
					» 3 »	0	0	0	+	0	+
					» 5 »	0	0	0	+	0	+

boden		Kopfhöhe						Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	?	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 8 von 16 Fällen (50/100). Von 11 Fliegen bleiben 6 am Leben; 1 Motte tot.
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100). Von 17 Fliegen blieben 5 am Leben (leben auch nächsten Morgen noch); 4 Wanzen bleiben am Leben (leben auch nächsten Morgen noch).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 8 von 16 Fällen (50/100). Von 2 Fliegen, andere als gestern, bleibt eine am Leben; 4 Wanzen, dieselben wie gestern, bleiben am Leben.
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (69/100). Von 8 Fliegen bleibt keine am Leben; 4 Wanzen, dieselben wie vorher, bleiben am Leben, 3 neue Wanzen bleiben ebenfalls am Leben.
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 12 von 16 Fällen (75/100). Die 7 bisherigen Wanzen bleiben am Leben.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100). Die 7 bisherigen Wanzen bleiben am Leben. Zwei Schmetterlinge, Kohlweifsling u. Mauerfuchs, fliegen am Schlufs des Versuchs haushoch zum Fenster hinaus.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100). Desodorierung, wie schon in Versuch 18, mit 200 g Ammoniumkarbonat; es riecht jedoch am Mittwoch Vormittag noch etwas nach Formalin.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	25.5	26.0	26.0	45	44	45	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Blinder Versuch zur Kontrolle.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.7	27.2	30.0	45	66	79	Desinfektion wirksam in 13 von 16 Fällen (81/100). 1 Floh u. 1 Käfer bleiben am Leben, doch Motilität gestört. Desodorierung wirksam mit 300 g Ammon. carbonic.
0	0	0	?	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen	Fufs-					
						Am Fenster		Unweit Fensters		Mitte Zimmers	
						1	1'	8	8'	7	7'
22	20. Juli	Ohne Wind	200 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Freitag)		Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	0	0	0	+	+	+
					» 3 »	0	0	0	+	+	+
					» 5 »	0	0	0	+	+	+
23	23. Juli	Ohne Wind	100 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Montag)		Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	+	+	+	0	+	?
					» 3 »	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	0	+	+
24	24. Juli	Ohne Wind	50 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	+	+	+	+	+	+
	(Dienstag)		Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
25	25. Juli	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	50 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	+	+	+	+	+	+
	(Mittwoch)		Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
26	26. Juli	Ohne Wind	50 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
	(Donnerstag)		Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	+	+	+	+
27	27. Juli	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	50 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
	(Freitag)		Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	+	+	+	+
28	30. Juli	Mit Wind,	300 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Montag)	nach vier	Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
		Richtungen			» 3 »	0	0	0	0	0	0
		abwechselnd			» 5 »	0	0	0	0	0	0
29	31. Juli	Mit Wind,	200 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Dienstag)	nach vier	Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
		Richtungen			» 3 »	0	0	0	0	0	0
		abwechselnd			» 5 »	0	0	0	0	0	0
30	1. August	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	100 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Mittwoch)		Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	+
31	2. August	Mit Wind,	200 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
	(Donnerstag)	nach vier	Formalin	Wasser	nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
		Richtungen			» 3 »	+	+	+	+	+	+
		abwechselnd			» 5 »	+	+	+	+	+	+

boden		Kopfhöhe						Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,8	28,3	31,9	45	66	79	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (69/100). Desodorierung wie gestern mit 300 g Ammon. carbonic. (4×75 Ammon. carbonic., 4×2,5 Ol. Lavand.; Spiritusverbrauch 4×100.)
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,8	27,4	31,2	58	74	77	Desinfektion wirksam in 9 von 16 Fällen (56/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic., wie zuvor. Am nächsten Morgen ist ein schwacher, nicht unangenehmer Lavendelgeruch bemerkbar.
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	25,9	26,9	30,2	60	73	78	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.; nächsten Morgen kein Geruch nach F., auch nicht nach NH_3, nur schwach nach Lavendelöl.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26,0	28,0	30,9	51	76	79	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	27,8	28,8	30,9	60	74	80	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26,1	30,0	31,7	52	70	76	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,0	27,7	30,9	53	71	79	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,5	26,3	30,1	50	64	76	Desinfektion wirksam in 14 von 16 Fällen (88/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,0	26,7	30,0	46	66	74	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,8	24,9	26,6	54	72	81	Desinfektion wirksam in 5 von 16 Fällen (31/100). 1 Floh ist tot; 2 Schmetterlinge, Pfauenauge und Nachtfalter, sind munter. Desodorierung wie zuvor.
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen	Fufs-					
						Am Fenster		Unweit Fensters		Mitte Zimmers	
						1	1'	8	8'	7	7'
32	3. August (Freitag)	Ohne Wind	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	+	+
					» 3 »	0	0	0	0	+	+
					» 5 »	0	0	0	0	+	+
33	4. August (Sonnabend)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	0
					» 3 »	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+
34	6. August (Montag)	Ohne Wind	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	?
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	+	+
					» 3 »	0	0	0	0	+	+
					» 5 »	0	0	0	0	+	+

In den Versuchen 8—34 wurden kleinere Formalinmengen, nämlich 50 bis 500 ccm des 40 proz. Formalins, das sind 20 bis 200 g Formaldehyd auf die rund 110 cbm Luftraum probiert; das macht pro cbm 0,45 bis 4,5 ccm Formalin oder 0,18 bis 1,8 g Formaldehyd. Nr. 20 ist als blinder Versuch eingeschoben und zeigt, dafs die vom vorhergehenden Versuch zurückgebliebenen Spuren von Formaldehyd zu geringfügig waren, um eine desinfektorische Wirkung auszuüben, obgleich ein deutlicher Formalingeruch vorhanden war.

In den Versuchen von Nr. 8 ab erfolgte die Verdampfung der Flüssigkeit, auf 4 Portionen verteilt, in 4 (Emaille-) Töpfen mittels untergestellter 4 Spiritus-Vergasungsbrenner. Die Spiritusmenge wurde so bemessen, dafs die Flamme schliefslich noch kurze Zeit unter dem leeren Topf brannte; hierzu waren im allgemeinen 180 ccm auf höchstens je 625 ccm der zu verdampfenden Flüssigkeit erforderlich. In Nr. 8 kamen z. B. 4×180 ccm Spiritus auf 4×375 Wasser und 4×125 Formalin. Stets wurde erst das Wasser zum Kochen gebracht, dann das Formalin zugegeben, und die Anfangszeit des Versuchs von da ab gerechnet, nachdem die Formalinlösung unter Schäumen zu kochen begonnen hatte, und nächstdem die Thür geschlossen und verklebt wurde; nach 32, bezw. 38, 39, 42 Minuten war in Versuch 8 alle Flüssigkeit verdampft und die Flammen erloschen nach 44, 49, 51, 57 Minuten, ähnlich in den übrigen Versuchen. Zur Desodorierung wurde von Nr. 16 ab in denselben Töpfen am Schlufs der Desinfektion mittels derselben Brenner Ammoniumcarbonat in NH_3 und CO_2 zerlegt; meistens kamen unter Zugabe von 4×2 bis 4×5 g Lavendelöl 4×75 = 300 g Ammoniumcarbonat mittels 4×100 ccm Spiritus zur Verdampfung.

Von Nr. 20 ab wurden Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft in Kopfhöhe durch das Guckfensterchen beobachtet, in der Regel während der ersten Hälfte des Versuchs alle fünf Minuten und nachher viertelstündlich. Stets veränderten

boden		Kopfhöhe						Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
4	4′	3	3′	2	2′	5	5′	6	6′							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,9	28,0	28,6	53	53	80	Desinfektion wirksam in 12 von 16 Fällen (75/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	+	0	0	0	0	24,0	28,3	28,3	58	50	77	Desinfektion wirksam in 5 von 16 Fällen (31/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,1	23,2	27,2	51	73	80	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (61/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	+	?	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	+	0	0	+	0	0	0	0							
0	+	+	0	0	+	0	0	0	0							

sich Temperatur und relative Feuchtigkeit unter dem Einflufs der Verdampfung typisch in folgender Weise: 1. Versuche ohne Wind. a) Temperatur. Innerhalb 40—45 Minuten rascher Anstieg zum Maximum (Nr. 21, in 45 Minuten von 25.7 auf 30.0°; Nr. 22, in 40 Minuten von 26.8 auf 31.9° u. s. w.), dann langsamer stetiger Abfall bis Schlufs (Nr. 21 am Schlufs 27.2°, Nr. 22 am Schlufs 28.3°). b) Relative Feuchtigkeit. Innerhalb 25—30 Minuten sehr rascher Anstieg zu einem Maximum (Nr. 21 in 30 Minuten von 45 auf 79%; Nr. 22 in 25 Minuten von 45 auf 79%), innerhalb weiterer 25—30 Minuten stetiger Abfall (Nr. 21 nach 55 Minuten 70%, Nr. 22 nach 55 Minuten 68%), alsdann innerhalb weiterer 50 Minuten wieder allmählicher Anstieg zu einem zweiten, jedoch weniger hohen Maximum (Nr. 21 nach 105 Minuten 74%, Nr. 22 nach 105 Minuten 72%), und im weiteren Verlauf wieder langsamer Abfall (Nr. 21 am Schlufs 66%, Nr. 22 am Schlufs 66% u. s. w.). 2. Versuche mit Wind, der 1 Stunde nach Beginn eingeschaltet wird. a) Temperatur. Mit Einsetzen des Windes verläuft die Temperaturkurve concav nach unten, und bereits von 30 bezw. 90 Minuten ab annähernd als gerade Linie weiter bis zum Schlufs des Versuchs (Nr. 25 Anfang 26.0°, nach 45 Minuten 30.9° als Maximum, nach 60 Minuten 29.6°, nach 65 Minuten 28.8°, nach 75 Minuten 28.2°, nach 90 Minuten 28.0°, Schlufs 28.0°). b) Relative Feuchtigkeit. Innerhalb der zweiten Stunde Anstieg zu einem zweiten, noch höheren Maximum, sonst wie ohne Wind, vgl. 1b (Nr. 25 Anfang 51%, nach 25 Minuten 79% erstes Maximum, nach 45 Minuten 75%, nach 105 Minuten 83% zweites Maximum, Schlufs d. i. nach 210 Minuten 76%; genau analog auch sonst, z. B. Versuch 27, 28, 29 u. s. w.).

In mehreren Versuchen wurden aufserdem Temperatur und relative Feuchtigkeit, mittels selbstregistrierender Instrumente an der Decke und auf dem Fufsboden aufgeschrieben; an Decke in Nr. 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41; auf dem Fufsboden in Nr. 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51 (gleichzeitige Aufzeichnungen oben und unten konnten nicht gemacht werden, da die

Instrumente nur in je einem Exemplar vorhanden waren). Aus den so gewonnenen Kurven ist folgendes ersichtlich: Die Decken-Temperatur fällt nach Einsetzen des Windes rascher ab als bei ausbleibendem Wind, und die relative Luftfeuchtigkeit an der Decke steigt gleichzeitig wesentlich höher an. Die Temperatur der Fufsbodenluft dagegen erreicht rascher nach Einsetzen des Windes als bei ausbleibendem Wind ein höheres Maximum, die höhere Temperatur hält etwa eine Stunde an. Die Feuchtigkeitskurve des windfreien Versuchs auf dem Fufsboden verläuft zunächst in den ersten 60 Minuten, infolge der Verdampfung, konvex nach oben, flacht sich dann vorübergehend ab (60ste bis 90ste Minute fast horizontal!), steigt wiederum bis zum Schlufs konvex an, wobei die Prozentzunahmen in der Zeiteinheit immer kleiner werden; auf den ersten Blick bietet sie das Bild einer regelmäfsigen konvexen Linie, bei näherem Zusehen erkennt man in der Mitte eine kleine Abflachung. Die entsprechende Fufsbodenkurve für die relative Feuchtigkeit im Windversuch dagegen steigt ganz im Gegenteil sofort

Tabelle I. Abteilung IV.

Feuchte Sommerversuche. Kleine Formalin-

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Wachstum nach Tagen	Platz 1, Fufsboden am Fenster				Platz 7, Fufsboden in Mitte Zimmers				Platz 8, Fufsboden unweit Fensters				Platz 9, Fufsboden unter Bett			
						Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.
35	11. Aug. (Sonnabend)	Ohne Wind	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					» 3 »	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					» 6 »	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
36	13. Aug. (Montag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					» 6 »	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
37	15. Aug. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
					» 3 »	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
					» 6 »	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
38	16. Aug. (Donnerstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
					» 3 »	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
					» 6 »	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—

Von Versuch 35 ab (11. August 1900) ist das bisher unmöblierte Zimmer reichlich möbliert. Im Versuch 35 und 36 wurden neben Milzbrand auch Typhus, Diphtherie und Staphylococcus ausgelegt. 300 ccm Formalin auf 110 cbm Luftraum genügten bei mäfsig hoher, sommerlicher Lufttemperatur zur Abtötung von Typh., Diphth. und Staph. an allen, oder vielmehr so gut wie allen Plätzen; Anthrax dagegen wurde fast nirgends, an keinem einzigen Platz in der unteren Zimmer-

ei **Einsetzen des Windes fast senkrecht an und erreicht schon nach fünf Minuten ihre** ıaximale Höhe, verläuft dann horizontal bis zum Schlufs der Desinfektion.

Hinsichtlich des selbstrotierenden Ventilators (Fig. 2, S. 176) sei hier nachgetragen: Der untere 'eil von Fig. 2, ein verstellbarer Tisch, hat bei der photographischen Aufnahme als Ständer gedient nd ist versentlich mit auf die Abbildung gekommen. Wesentlich sind: Das auf einem Brett mon- rte Uhrwerk, welches Uhrwerk den auf die runde Scheibe aufgeschraubten Ventilator trägt; links eben dem Uhrwerk ist ein Schleifkontakt zu sehen. Der für die Versuche verwendete, in dem ugelförmigen Gehäuse geborgene elektrische Motor war für 100 Volt, die Spannung der Berliner ausleitung, gewickelt. Für die Zwecke der Desinfektions-Praxis eignen sich im allgemeinen mehr lche Apparate, welche für Accumulatoren-Betrieb bestimmt, also etwa für 10—12 Volt gewickelt nd und ebenfalls Vorzügliches leisten, wie sich der Eine von uns in zahlreichen Versuchen über- ugt hat. (A. a. O. S. 104 u. 588 ff.)

ersuche Nr. 35—38.

engen. Verschiedene Infektionserreger.

Platz 10, ufsboden unter achttisch			Platz 11, Auf dem Bett				Platz 12, In Schubladenfach des Nachttisches				Platz 13, In Schublade des Tisches				Platz 14, Auf einer Wandkonsole				Platz 15, Auf einem Schrank				Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	5	0	20,7	21,3	24,4	66	80	89	Desinfektion wirksam in 31 von 40 Fällen (78/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	20,2	21,3	21,2	63	83	89	Desinfektion wirksam in 33 von 40 Fällen (83/100). 1 Schmetterling, Pfauenauge,' bleibt leben. Desodorierung wie zuvor.
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	19,4	20,8	—	72	93	—	Desinfektion wirksam in allen Fällen (100/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—							
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—							
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	20,8	22,0	23,0	72	93	94	Desinfektion wirksam in 'allen Fällen (100/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—							
0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—							

fte abgetötet. Eine sichere Abtötung des letzteren, in ausnahmslos allen Fällen, wurde in Nr. 37 1 38 durch 1000 ccm Formalin erreicht; selbstverständlich wären dabei auch jene ersteren Infek- ıserreger ausnahmslos abgetötet worden, ihre Auslage erschien entbehrlich.

Die Wirksamkeit der Desinfektion, nur auf Milzbrand bezogen, wie in den vorausgehenden und genden Versuchen, betrug 20/100 in Nr. 35 (ohne Wind), und 30/100 in Nr. 36 (mit Wind)

Tabelle I. Abteilung V.

Feuchte Winterversuche. Ungeheiztes Zimmer.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster 1	Mitte des Fußbodens 7	Fußbod. unweit Fenst. 8	Unter Bett 9	Unter Nachttisch 10	Auf Bett 11	In Nachttisch-Schubl. 12	In Tischschublade 13	Auf Wandkonsole 14	Auf Kleiderschrank 15	Unter Bett 16	Unter Bett 17
39	16. Okt.	Ohne Wind	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	—	—
	(Dienstag)		Formalin	Wasser	» 3 »	0	+	0	+	+	0	+	0	0	0	—	—
					» 6 »	0	+	0	+	+	0	+	0	0	0	—	—
40	17. Okt.	Mit Wind,	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	—	—
	(Mittwoch)	nach vier	Formalin	Wasser	» 3 »	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	—	—
		Richtungen abwechselnd			» 6 »	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	—	—
41	18. Okt.	Ohne Wind	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	—	—
	(Donnerstag)		Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	—	—
					» 6 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	—	—
42	19. Okt.	Ohne Wind	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+
	(Freitag)		Formalin	Wasser	3 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+
					» 6 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+
43	20. Okt.	Mit Wind,	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0	0	+
	(Sonnabend)	nach vier	Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	+	+	+	0	0	+	0	0	0	+
		Richtungen abwechselnd			» 6 »	+	+	+	+	+	0	0	+	0	0	0	+
44	1. Novbr.	Ohne Wind	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+
	(Donnerstag)		Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+
					» 6 »	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+
45	3. Novbr.	Mit Wind,	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg,	0	0	0	+	+	0	+	0	+	0	+	0
	(Sonnabend)	nach vier	Formalin	Wasser	» 3 »	+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	+	+
		Richtungen abwechselnd			» 6 »	+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	+	+
46	9. Novbr.	Ohne Wind	1000 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
	(Freitag)		Formalin	Wasser	» 3 »	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
					» 6 »	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
47	10. Nov.	Mit Wind	750 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Sonnabend)	nach allen	Formalin	Wasser	» 3 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Richtungen			» 6 »	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
48	13. Nov.	Mit Wind	500 ccm	1500 ccm	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	—	0	+	+	+	+	+
	(Dienstag)	nach allen	Formalin	Wasser	» 3 »	0	+	0	0	+	—	0	+	+	+	+	+
		Richtungen			» 7 »	0	+	0	0	+	—	0	+	+	+	+	+

Versuche Nr. 39—63.

Wechselnde Formalinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

Unter Bett	Unter Bett	Auf Nachttisch	Im Nachttisch, oben	Im Nachttisch, unten	In Tischschubl., hinten	Unter dem Tisch	Unter dem Schrank	Im Schrank, unten	Im Schrank, oben	Temperatur Anfang	Temperatur Ende	Temperatur Maximum	Rel. Feucht. Anfang	Rel. Feucht. Ende	Rel. Feucht. Maximum	Bemerkungen
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,3	14,0	17,9	65	90	94	Desinfektion wirksam in 6 von 10 Fällen (60/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,8	14,2	17,0	71	94	100	Desinfektion wirksam in 9 von 10 Fällen (90/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Nachdem die Formalinverdampfung fast zu Ende (45 Min.), tritt Nebel auf, der etwa 20 Minuten anhält.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,7	13,2	16,1	70	93	99	Desinfektion wirksam in 3 von 10 Fällen (30/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Heute kein Nebel.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11,8	12,8	14,0	73	94	100	Desinfektion wirksam in 4 von 22 Fällen (18/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	11,3	12,7	14,2	65	96	100	Desinfektion wirksam in 7 von 22 Fällen (32/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Drehvorrichtung versagt, infolge Festhakens der Schnur, mitten im Versuch (vgl. Bemerk. zu Tab. I, Abt. II).
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	10,4	11,8	13,8	76	96	99	Desinfektion wirksam in 2 von 22 Fällen (9/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	0	0	+	+	9,0	11,0	—	70	82	—	Desinfektion wirksam in 4 von 22 Fällen (18/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Drehvorrichtung versagt nochmals, wie in Nr. 45; daher von Nr. 47 ab durch einen vollkommenen Mechanismus ersetzt (vgl. Bemerk. zu Tab. I, Abt. II).
+	0	+	+	+	+	0	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	0	+	+	+							
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	8,0	11,2	11,5	72	83	100	Desinfektion wirksam in 12 von 22 Fällen (55/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Nach 35 Minuten Nebel, der über 1/2 Stunde anhält.
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,0	11,2	12,8	79	98	99	Desinfektion wirksam in 20 von 22 Fällen (91/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand. Kein Nebel. Erstmals selbstrotierender Ventilator benutzt.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9,0	10,2	10,8	77	96	96	Desinfektion wirksam in 5 von 21 Fällen (24/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster 1	Mitte des Fußbodens 7	Fußbod. unweit Fenst. 8	Unter Bett 9	Unter Nachttisch 10	Auf Bett 11	In Nachttisch-Schubl. 12	In Tischschublade 13	Auf Wandkonsole 14	Auf Kleiderschrank 15	Unter Bett 16	Unter Bett 17
49	15. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	+	+
					» 6 »	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	+	+
50	16. Nov. (Freitag)	Ohne Wind	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	+	+	0	+	0	+	0	0	0	0	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+
					» 6 »	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+
51	17. Nov. (Sonnabend)	Mit Wind nach allen Richtungen	900 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 7 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	19. Nov. Montag	Mit Wind nach allen Richtungen	900 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 5 »	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 8 »	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	20. Nov. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	22. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0
					» 3 »	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0
					» 6 »	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0
55	26. Nov. (Montag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	+	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+
					» 2 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 4 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
56	28. Nov. (Mittwoch)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 2 »	0	0	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0
					» 4 »	0	0	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0
					» 5 »												
57	29. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+
					» 2 »	0	+	0	0	0	0	+	0	+	0	+	+
					» 4 »	0	+	0	+	0	0	+	0	+	0	+	+
					» 5 »	0	+	0	+	0	0	+	0	+	0	+	+

Unter Bett 18	Unter Bett 19	Auf Nachttisch 20	Im Nachttisch, oben 21	Im Nachttisch, unten 22	In Tischschubl. hinten 23	Unter dem Tisch 24	Unter dem Schrank 25	Im Schrank, unten 26	Im Schrank, oben 27	Temperatur Anfang	Temperatur Ende	Temperatur Maximum	Rel. Feucht. Anfang	Rel. Feucht. Ende	Rel. Feucht. Maximum	Bemerkungen
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	8,5	9,2	—	88	100	100	Desinfektion wirksam in 5 von 22 Fällen (23/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	8,3	9,8	—	94	100	100	Desinfektion wirksam in 6 von 22 Fällen (27/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	8,3	10,0	14,4	89	100	100	Desinfektion wirksam in 21 von 22 Fällen (95/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand. Nach 15 Minuten ½ Stunde lang Nebel; 30 Minuten nach Beginn des Versuchs undurchdringlicher Nebel.
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	—	—	94	—	—	Desinfektion wirksam in 20 von 22 Fällen (91/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	10,2	17,0	96	100	100	Desinfektion wirksam in 21 von 22 Fällen (95/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 60 g »Coniferenduft« (Flasche 3 Mk.) jedoch am nächsten Morgen Geruch nach Formalin bemerkbar.
0	0	0	0	0	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	+	0							
+	0	0	0	+	+	0	+	+	0	9,2	10,2	15,0	100	100	100	Desinfektion wirksam in 13 von 22 Fällen (59/100). Desodorierung mit 600 g Ammon. carbonic. und 100 g »Coniferenduft« erweist sich als unvollkommen, am nächsten Morgen so starker Formalingeruch, dafs kein Versuch begonnen wird.
+	0	0	0	+	+	0	+	+	0							
+	0	0	0	+	+	0	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	8,4	9,0	11,5	100	100	100	Desinfektion wirksam in 2 von 22 Fällen (9/100). Kein Geruch nach Formalin zu Beginn des Versuchs. Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt, Desinfektion: 1000 Formalin + 1500 Wasser; 600 Spiritus. Desodorierung: 750 ccm 25 proz. NH_3-Lösung; 75 Spiritus. Im Desinfektionsapparat blieben 95 ccm flüssiger Rückstand: Flamme nach 41 Minuten erloschen.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	—	12,8	95	—	100	Desinfektion wirksam in 12 von 22 Fällen (55/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt, Desinfektion 1000 Formalin + 1500 Wasser; 700 Spiritus. Kein Rückstand. Wirksame Desodorierung mit 600 Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand. Ende der Formalinverdampfung nach 50 Minuten, Erlöschen der Flamme nach 51 Minuten.
+	0	0	+	+	+	+	0	+	0							
+	0	0	+	+	+	+	0	+	0							
+	+	0	0	+	0	+	+	+	0	7,7	8,6	12,3	95	100	100	Desinfektion wirksam in 9 von 22 Fällen (41/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt; 1500 Formalin + 2250 Wasser; 1050 Spiritus. Desodorierung mit 1000 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Das Formalin fängt gegen Schlufs der Verdampfung Feuer, und der ganze Apparat steht einige Minuten hoch in Flammen.
+	+	0	+	+	0	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	0	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	0	+	+	+	0							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster 1	Mitte des Fußbodens 7	Fußbod. unweit Fenst. 8	Unter Bett 9	Unter Nachttisch 10	Auf Bett 11	In Nachttisch-Schubl. 12	In Tischschublade 13	Auf Wandkonsole 14	Auf Kleiderschrank 15	Unter Bett 16	Unter Bett 17
58	30. Nov. (Freitag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 2 »	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
					» 3 »	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
					» 8 »	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
59	1. Dezbr. (Sonnabend)	Mit Wind nach allen Richtungen	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 2 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 7 »	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	3. Dezbr. (Montag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0
					» 5 »	0	+	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0
					» 7 »	0	+	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0
61	4. Dezbr. (Dienstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 3 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 7 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
62	8. Dezbr. (Sonnabend)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
63	10. Dezbr. (Montag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+
					» 2 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Der **Flüggesche** Apparat wurde benutzt in den Versuchen Nr. 55 (ohne Wind), 56 (mit Wind), 57 (ohne Wind), 58 (mit Wind), 59 (mit Wind), 60 (mit Wind), 70 (ohne Wind), 74 (ohne Wind). Dabei geriet er am Schlufs der Formaldehydentwicklung gewöhnlich in Flammen, und zwar fast regelmäfsig dann, wenn die Spiritusmenge so reichlich bemessen wurde, dafs sämtliches Formalin hätte ohne Rückstand verdampft werden können. In Nr. 55 z. B. wurden nach **Flügges** Vorschrift 600 ccm Spiritus in den Brenner eingefüllt, aber nach dem Erlöschen der Flamme verblieben 95 ccm Formalinlösung im Kessel; die **Flüggesche** Vorschrift rechnet offenbar mit einer höheren Anfangstemperatur der Formalin-Wasser-Mischung als ca. 8° wie in Nr. 55; auf eine etwaige minderwertige Qualität des verwendeten Spiritus ist der Rückstand sicherlich nicht zurückzuführen, da stets 96 proz., nicht denaturierter Alkohol verwendet wurde, während **Flügge** in seinen Tabellen (Schrift 1900, S. 14 und 15) nur 86 proz. Spiritus vorschreibt.

Unter Bett 18	Unter Bett 19	Auf Nachttisch 20	Im Nachttisch, oben 21	Im Nachttisch, unten 22	In Tischschubl., hinten 23	Unter dem Tisch 24	Unter dem Schrank 25	Im Schrank, unten 26	Im Schrank, oben 27	Temperatur Anfang	Temperatur Ende	Temperatur Maximum	Rel. Feucht. Anfang	Rel. Feucht. Ende	Rel. Feucht. Maximum	Bemerkungen
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	—	14,6	94	—	100	Desinfektion wirksam in 19 von 22 Fällen (86/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt: 1500 Formalin + 2250 Wasser; 1050 Spiritus. Desodorierung wie gestern, Spiritusverbrauch 4 × 100. Auch heute steht gegen das Ende der Verdampfung (nach 70 Minuten, gestern nach 75) der ganze Apparat in Flammen.
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	8,5	10,6	95	100	100	Desinfektion wirksam in 22 von 22 Fällen (100/100). Flügges Apparat, aufserhalb aufgestellt. Formalin, Wasser und Spiritus wie gestern. Desodorierung wie gestern, mit 1000 g Amm. carb. und 20 Ol. Lav. Nach 68 Minuten wird der Apparat in Flammen stehend vorgefunden.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,1	7,8	8,7	—	70	99	Desinfektion wirksam in 11 von 22 Fällen (50/100). Flügges Apparat, aufserhalb aufgestellt. 1000 Formalin + 1500 Wasser, 700 Spiritus, wie in Nr. 56. Desodorierung mit 800 Amm. carb. und 15 Ol. Lav. Nach 49 Minuten gerät der Apparat hoch in Flammen (in Nr. 56, vergleichbarem Versuch, war die Verdampfung regulär nach 50 Minuten beendet).
0	0	+	0	+	+	+	+	+	+							
0	0	+	0	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	7,8	—	13,2	80	—	90?	Desinfektion wirksam in 3 von 22 Fällen (14/100). Desodorierung wirksam mit 800 g Ammon. carbonic. (4 × 200 Ammon. carbonic., 4 × 5 Ol. Lavand.; Spiritusverbrauch 4 × 100.) Nach 30 Minuten starker Nebel, nach weiteren 15 Minuten keine Spur mehr von Nebel.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6,1	—	12,0	90	—	95?	Desinfektion wirksam in 1 von 22 Fällen (5/100). Desodorierung mit 800 g Ammon carbonic. u. 20 g Ol. Lavand., wie zuvor, sicher ausreichend; am nächsten Morgen keine Spur von Formalingeruch. Schon nach 15 Min. Nebel.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	0	0	6,0	—	11,5	85	—	95?	Desinfektion wirksam in 1 von 22 Fällen (5/100). Desodorierung mit 800 g Ammon carbonic. u. 20 g Ol. Lavand. Nebel zu Anfang, wie sonst.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	0							

In dem darauffolgenden Versuch Nr. 56 (mit Wind) wurde durch 700 ccm Spiritus eine völlige Verdampfung der gleichen Formalin-Wasser-Menge wie zuvor unter im übrigen gleichen Umständen erreicht. In Nr. 60 (mit Wind) kamen ebenfalls 700 ccm Spiritus zur Verbrennung, doch fing der Apparat gegen Schlufs der Verdampfung Feuer. (Der künstliche Wind ist belanglos für das Feuerfangen, weil er stets erst nach Erlöschen der Flamme eingeschaltet wurde, überdies war in Nr. 60 der Apparat aufsen aufgestellt.) Für Nr. 57, 1500 + 2250 zu verdampfende Flüssigkeit, schreibt die Flüggesche Tabelle vor, 950 ccm Spiritus einzufüllen; die vorhergehenden Erfahrungen liefsen dabei einen Rückstand nicht ausgeschlossen erscheinen, es wurden daher 1050 statt 950 Spiritus eingefüllt, jedoch mit dem Erfolg, dafs der Apparat am Schlufs der Verdampfung in Flammen geriet, wie auch in Nr. 58, 59, 60, vielleicht auch in Nr. 70 und 74, wo wir vermutlich (Notizen hierüber fehlen) dem Feuerfangen des Apparats als einem gewohnten Umstand

keine solche Beachtung mehr schenkten, dafs wir ein Abpassén der kritischen Minute, zumal bei einer Lufttemperatur von mehreren Graden unter Null, für weiterhin erforderlich hielten (leider fehlt für Nr. 70 und 74 auch eine Notiz über einen ev. Rückstand). Für den Ausfall der Desinfektion dürfte es jedoch in allen diesen Versuchen gänzlich

Tabelle I. Abteilung VI.

Feuchte Winterversuche. Zimmer zumeist geheizt.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fufsboden am Fenster	Mitte des Fufsbodens	Fufsbod. unweit Fenst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachttisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderschrank	Unter Bett	Unter Bett
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
64	11. Dezbr. (Dienstg.)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					» 2 »	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0
					» 3 »	0	+	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0
					» 5 »												
65	12. Dezbr. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	+	+	0	0	0	0	0	?	+	0	0
					» 2 »	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
					» 3 »	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
					» 5 »	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
66	13. Dezbr. (Donnerstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	0	?	0	0	0	+	+
					» 2 »	+	+	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+
					» 4 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
67	14. Dezbr. (Freitag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+
					» 3 »	0	?	?	+	0	0	+	0	+	0	+	+
					» 4 »	0	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
					» 8 »	0	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
68	17. Dezbr. (Montag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+
69	18. Dezbr. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+	+	?
					» 2 »	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
					» 4 »	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
70	19. Dezbr. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	+	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

bedeutungslos gewesen sein, ob nun ein geringer Rückstand blieb, wie ca. 100 ccm in Nr. 55, oder kein Rückstand blieb, wie in Nr. 56, oder auch, wie in Nr. 57 ff., wohl kaum mehr als etwa 100 ccm durch Verbrennung unwirksam wurden.

Versuche Nr. 64—74.

Wechselnde Formalinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

Unter Bett	Unter Bett	Auf Nachttisch	Im Nachttisch, oben	Im Nachttisch, unten	In Tischschubl., hinten	Unter dem Tisch	Unter dem Schrank	Im Schrank, unten	Im Schrank, oben	Fußboden beim Ofen	Fußboden beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	26,0	29,8	35,5	45	46	46	Desinfektion wirksam in 17 von 26 Fällen (65/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Niemals Nebel, doch Guckfensterchen während der ersten Stunde beschlagen.
0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+	+							
0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	28,0	—	35,5	43	—	45	Desinfektion wirksam in 5 von 26 Fällen (19/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	?	+	+	+	?	?	+	+	?	10,0	—	15,2	88	—	97	Desinfektion wirksam in 1 von 26 Fällen (4/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	9,2	10,0	12,8	90	95	95	Desinfektion wirksam in 6 von 26 Fällen (23/100). Desodorierung mit 800 g Ammon carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	0	+	?	?	0	+	+	?	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	?	0	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	0							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	17,5	—	21,7	48	—	71	Desinfektion wirksam in 3 von 26 Fällen (12/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	18,0	16,1	21,0	57	77	77	Desinfektion wirksam in 4 von 26 Fällen (15/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16,5	—	19,0	54	—	69	Desinfektion wirksam in 0 von 26 Fällen (0/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt. 1000 Formalin + 1500 Wasser eingefüllt; 700 Spiritus. Desodorierung wie zuvor, mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Kein Feuerfangen der Formaldehyddämpfe notiert.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster 1	Mitte des Fußbodens 7	Fußbod. unweit Fenst. 8	Unter Bett 9	Unter Nachttisch 10	Auf Bett 11	In Nachttisch-Schubl. 12	In Tischschublade 13	Auf Wandkonsole 14	Auf Kleiderschrank 15	Unter Bett 16	Unter Bett 17
71	20. Dezbr (Donnerstag	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
					» 3 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
72	21. Dezbr. (Freitag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
73	4. Jan. 01 (Freitag)	Ohne Wind	3000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
74	7. Jan. 01 (Montag)	Ohne Wind	3000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					» 5 »	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle II. Summarische Zusammenfassung.

(Die Versuche in zeitlicher Folge.)

Abteilung I.

Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm. Sämtlich Sommerversuche.

Nr.	Datum 1900	Formalinmenge	Mittl. Temp	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
4	26. Juni	1500	—	100/100	—	—
5	27. »	750	—	—	—	100/100
6	28. »	1000	—	—	100/100	—
7	29. »	1000	—	100/100	—	—
8	2. Juli	500	—	33/100	—	—
9	3. »	500	—	62/100	—	—
10	4. »	400	—	—	—	100/100
11	5. »	500	—	—	94/100	—
12	6. »	500	—	—	—	100/100
13	9. »	400	—	50/100	—	—

Unter Bett	Unter Bett	Auf Nachttisch	Im Nachttisch, oben	Im Nachttisch, unten	In Tischschubl., hinten	Unter dem Tisch	Unter dem Schrank	Im Schrank, unten	Im Schrank, oben	Fußboden beim Ofen	Fußboden beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Temperatur Anfang	Temperatur Ende	Temperatur Maximum	Rel. Feucht. Anfang	Rel. Feucht. Ende	Rel. Feucht. Maximum	Bemerkungen
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	19,1	—	21,1	60	—	73	Desinfektion wirksam in 1 von 26 Fällen (4/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	15,0	—	—	51	—	77	Desinfektion wirksam in 0 von 26 Fällen (0/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	−6,5	−2	−0,3	66	100	100	Desinfektion wirksam in 0 von 26 Fällen (0/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Nach 45 Minuten besteht undurchdringlicher Nebel. Die Fenster gefrieren nicht!
+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	−5,0	−2	−1,0	76	100	100	Desinfektion wirksam in 0 von 26 Fällen (0/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt. Kein Feuerfangen der Formaldehyddämpfe notiert. Nach 45 Minuten besteht undurchdringlicher Nebel. Die Fenster gefrieren nicht!

Nr.	Datum 1900	Formalinmenge	Mittl. Temp	Wirksamkeit % Ruhende Luft	Bewegte Luft Einseitig bewegt	Bewegte Luft Allseitig bewegt
14	10. Juli	400	—	—	—	94/100
15	11. »	400	—	—	50/100	—
16	12. »	400	—	—	69/100	—
17	13. »	400	—	75/100	—	—
18	16. »	400	—	94/100	—	—
19	17. »	400	—	—	—	100/100
20	18. »	0	26°	—	—	—
21	19. »	300	27°	81/100	—	—
22	20. »	200	28°	69/100	—	—
23	23. »	100	27°	56/100	—	—
24	24. »	50	27°	0/100	—	—
25	25. »	50	28°	—	—	0/100
26	26. »	50	29°	0/100	—	—

Nr.	Datum 1900	Formalinmenge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
27	27. Juli	50	30°	—	—	0/100
28	30. »	300	28°	—	—	100/100
29	31. »	200	26°	—	—	88/100
30	1. August	100	27°	—	—	0/100
31	2. »	200	25°	—	—	31/100
32	3. »	200	28°	75/100	—	—
33	4. »	200	28°	—	—	31/100
34	6. »	300	23°	61/100	—	—

Der Versuchsraum hatte strenge genommen nicht, wie oben angegeben, 110 cbm Inhalt, sondern nur 109 (Höhe 4,75 m, Breite 3,32 m, Tiefe 6,90 m).

Tabelle II. Abteilung II.

Möbliertes Zimmer von 110 cbm. Gröfstenteils Winterversuche.

Nr.	Datum 1900	Formalin-Menge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
35	11. August	300	21°	20/100	—	—
36	13. »	300	21°	—	—	30/100
37	15. »	1000	21°	100/100	—	—
38	16. »	1000	22°	—	—	100/100
39	16. Oktober	500	14°	60/100	—	—
40	17. »	500	14°	—	—	90/100
41	18. »	500	13°	30/100	—	—
42	19. »	500	13°	18/100	—	—
43	20. »	500	13°	—	—	32/100
44	1. Novbr.	500	12°	9/100	—	—
45	3. »	500	11°	—	—	18/100
46	9. »	1000	11°	55/100	—	—
47	10. »	750	11°	—	—	91/100
48	13. »	500	10°	—	—	24/100
49	15. »	750	9°	23/100	—	—
50	16. »	750	10°	27/100	—	—
51	17. »	900	10°	—	—	95/100
52	19. »	900	10°	—	—	91/100
53	20. »	1000	10°	—	—	95/100
54	22. »	1000	10°	59/100	—	—
F 55	26. »	1000	9°	9/100	—	—
F 56	28. »	1000	9°	—	—	55/100

Nr.	Datum 1900	Formalinmenge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
F 57	29. Novbr.	1500	9°	41/100	—	—
F 58	30. »	1500	9°	—	—	86/100
F 59	1. Dezbr.	1500	8°	—	—	100/100
F 60	3. »	1000	8°	—	—	50/100
61	4. »	1000	9°	14/100	—	—
62	8. »	1000	8°	5/100	—	—
63	10. »	1000	8°	—	—	5/100
64	11. »	1000	30°	—	—	65/100
65	12. »	1000	30°	19/100	—	—
66	13. »	1000	12°	4/100	—	—
67	14. »	1000	10°	—	—	23/100
68	17. »	1000	20°	12/100	—	—
69	18. »	1000	19°	—	—	15/100
F 70	19. »	1000	18°	0/100	—	—
71	20. »	1000	20°	—	—	4/100
72	21. »	1000	15°	0/100	—	—
73	4. Januar 01	3000	—3°	0/100	—	—
F 74	7. »	3000	—3°	0/100	—	—

Die Versuche mit Flügges Apparat sind durch ein vor die Nummer des betreffenden Versuchs gesetztes »F« bezeichnet (ebenso in allen nachstehenden Tabellen).

Tabelle III.

Einfluſs bewegter Luft auf die Wirksamkeit der Desinfektion.

(Die Versuche geordnet nach steigenden Formalinmengen.)

Abteilung I.

Einseitig bewegte Luft verglichen mit ruhender Luft. (Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %			
				Ruhende Luft		Einseitig bewegte Luft	
21	300	19. Juni	27°	81/100		—	
34	300	6. August	23°	—		61/100	
13	400	9. Juli	—	50/100	Mittel 73/100	—	
17	400	13. »	—	75/100		—	
18	400	16. »	—	94/100		—	
15	400	11. »	—	—		50/100	Mittel 60/100
16	400	12. »	—	—		69/100	
7	1000	29. Juni	—	100/100	Mittel 100/100	—	
4	1500	26. »	—	100/100		—	
6	1000	28. »	—	—		100/100	

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
		Einseitig bewegte Luft: ruhender Luft =
300	34 gegen 21	61 : 81 = 100 : 134
400	12, 16 gegen 13, 17, 18	60 : 73 = 100 : 122
1000	6 gegen 7, 4	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung II.

Allseitig bewegte Luft verglichen mit ruhender Luft.

a) Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit % Ruhende Luft		Wirksamkeit % Allseitig bewegte Luft		
24	50	24. Juni	27°	0/100	Mittel 0/100	—		I
26	50	26. »	29°	0/100		—		
25	50	25. »	28°	—		0/100	Mittel 0/100	
27	50	27. »	30°	—		0/100		
23	100	23. Juni	27°	56/100		—		II
30	100	1. August	27°	—		0/100		
22	200	20. Juli	28°	69/100	Mittel 72/100	—		
32	200	3. August	28°	75/100		—		
29	200	31. Juli	26°	—		88/100	Mittel 50/100	
31	200	2. August	25°	—		31/100		
33	200	4. »	28°	—		31/100		
21	300	19. Juli	27°	81/100		—		III
28	300	30. »	28°	—		100/100		
13	400	9. Juli	—	50/100	Mittel 73/100	—		
17	400	13. »	—	75/100		—		
18	400	16. »	—	94/100		—		
10	400	4. »	—	—		100/100	Mittel 98/100	
14	400	10. »	—	—		94/100		
19	400	17. »	—	—		100/100		
8	500	2. Juli	—	33/100	Mittel 48/100	—		
9	500	3. »	—	62/100		—		
11	500	5. »	—	—		94/100	Mittel 97/100	
12	500	6. »	—	—		100/100		
7	1000	29. Juni	—	100/100	Mittel 100/100	—		
4	1500	26. »	—	100/100		—		
5	750	27. »	—	—		100/100		

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
		Allseitig bewegte Luft : ruhender Luft =
50	25, 27 gegen 24, 26	0 : 0 = 100 : 100
100	30 gegen 23	0 : 56 = 0 : 100
200	29, 31, 33 gegen 22, 32	50 : 72 = 100 : 144
300	28 gegen 21	100 : 81 = 100 : 81
400	10, 14, 19 gegen 13, 17, 18	98 : 73 = 100 : 74
500	11, 12 gegen 8, 9	97 : 48 = 100 : 49
750 : 1250	5 gegen 4, 7	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung II.

b) Möbliertes Zimmer von 110 cbm.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %			
				Ruhende Luft		Allseitig bewegte Luft	
35	300	11. August	21°	20/100		—	
36	300	13. »	21°	—		30/100	
39	500	16. Oktober	14°	60/100	Mittel 29/100	—	
41	500	18. »	13°	30/100		—	
42	500	19. »	13°	18/100		—	
44	500	1. Novbr.	12°	9/100		—	
40	500	17. Oktober	14°	—		90/100	Mittel 41/100
43	500	20. »	13°	—		32/100	
45	500	3. Novbr.	11°	—		18/100	
48	500	13. »	10°	—		24/100	
46	1000	9. Novbr.	11°	55/100	Mittel 18/100	—	
54	1000	22. »	10°	59/100		—	
F 55	1000	26. »	9°	9/100		—	
61	1000	4. Dezbr.	9°	14/100		—	
62	1000	8 »	8°	5/100		—	
65	1000	12. »	30°	19/100		—	
66	1000	13. »	12°	4/100		—	
68	1000	17. »	20°	12/100		—	
F 70	1000	19. »	18°	0/100		—	
72	1000	21. »	15°	0/100		—	
51	900	17. Novbr.	10°	—		95/100	Mittel [1]) 50/100
52	900	19. »	10°	—		91/100	
53	1000	20. »	10°	—		95/100	
F 56	1000	28. »	9°	—		55/100	
F 60	1000	3. Dezbr.	8°	—		50/100	

1) Hierzu gehören auch die 5 nächsten umstehenden Versuche.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %/0		
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft	
63	1000	10. Dezbr.	8°	—	5/100	Mittel [1]) 50/100
64	1000	11. »	30°	—	65/100	
67	1000	14. »	10°	—	23/100	
69	1000	18. »	19°	—	15/100	
71	1000	20. »	20°	—	4/100	
F 57	1500	29. Novbr.	9°	41/100	—	
F 58	1500	30. »	9°	—	86/100	Mittel 93/100
F 59	1500	1. Dezbr.	8°	—	100/100	

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %/0
		Allseitig bewegte Luft : ruhender Luft =
300	36 gegen 35	30 : 20 = 100 : 67
500	40, 43, 45, 48 gegen 39, 41, 42, 44	41 : 29 = 100 : 71
1000	51, 52, 53, 56, 60, 63, 64, 67, 69, 71 geg. 46, 54, 55, 61, 62, 65, 66, 68, 70, 72	50 : 18 = 100 : 36
1500	58, 59 gegen 57	93 : 41 = 100 : 44

Tabelle III. Abteilung III.

Allseitig bewegte Luft verglichen mit einseitig bewegter Luft. (Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %/0			
				Einseitig bewegte Luft		Allseitig bewegte Luft	
34	300	6. August	23°	61/100		—	
28	300	30. Juli	28°	—		100/100	
15	400	11. Juli	—	50/100	Mittel 60/100	—	
16	400	12. »	—	69/100		—	
10	400	4. »	—	—		100/100	Mittel 98/100
14	400	10. »	—	—		94/100	
19	400	17. »	—	—		100/100	
6	1000	28. Juni	—	100/100		—	
5	750	27. »	—	—		100/100	

1) Diese 5 Versuche bilden mit den vorseitig letzt aufgeführten 5 Versuchen eine gemeinsame Gruppe mit dem Mittelwert 50/100.

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
		Allseitig bewegte Luft : einseitig bewegter =
300	28 gegen 34	100 : 61 = 100 : 61
400	10, 14, 19 gegen 15, 16	98 : 60 = 100 : 61
750 : 1000	5 gegen 6	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung IV.

Vergleich von ruhender, einseitig und allseitig bewegter Luft.
(Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Mengen	Datum 1900	Wirksamkeit %					
			Ruhende Luft		Einseitig bewegte Luft		Allseitig bewegte Luft	
22	200	20. Juli	69/100	Mittel 72/100	—		—	
32	200	3. August	75/100		—		—	
29	200	31. Juli	—		—		88/100	Mittel 50/100
31	200	2. August	—		—		31/100	
33	200	4. August	—		—		31/100	
21	300	19. Juli	81/100		—		—	
34	300	6. August	—		61/100		—	
28	300	30. Juli	—		—		100/100	
13	400	9. Juli	50/100	Mittel 73/100	—		—	
17	400	13. »	75/100		—		—	
18	400	16 »	94/100		—		—	
15	400	11. »	—		50/100	Mittel 60/100	—	
16	400	12. »	—		69/100		—	
10	400	4. »	—		—		100/100	Mittel 98/100
14	400	10. »	—		—		94/100	
19	400	17. »	—		—		100/100	
8	500	2. Juli	33/100	Mittel 48/100	—		—	
9	500	3. »	62/100		—		—	
11	500	5. »	—		—		94/100	Mittel 97/100
12	500	6. »	—		—		100/100	
7	1000	29. Juni	100/100	Mittel 100/100	—		—	
4	1500	26. »	100/100		—		—	
6	1000	28. »	—		100/100		—	
5	750	27. »	—		—		100/100	

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
		Allseitig bewegte Luft : einseitig bewegter : ruhender Luft =
300	28 : 34 : 21	100 : 61 : 81 = 100 : 61 : 81
400	100, 14, 19 : 15, 16 : 13, 17, 18	98 : 60 : 73 = 100 : 61 : 74
750 : 1000 : 1250	5 : 6 : 7,4	100 : 100 : 100 = 100 : 100 : 100

Tabelle IV.

Einflufs der Resistenz der Testobjekte auf die Desinfektionswirkung.

Abteilung I.

Milzbrand-Seidenfäden von 1—2 Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit % Ruhende Luft		Wirksamkeit % Allseitig bewegte Luft	
46	1000	9. Novbr.	11°	55/100	Mittel 28/100	—	
54	1000	22. »	10°	59/100		—	
F 55	1000	26. »	9°	9/100		—	
61	1000	4. Dezbr.	9°	14/100		—	
62	1000	8. »	8°	5/100		—	
51	900	17. Novbr.	10°	—		95/100	Mittel 77/100
52	900	19. »	10°	—		91/100	
53	1000	20. »	10°	—		95/100	
F 56	1000	28. »	9°	—		55/100	
F 60	1000	3. Dezbr.	8°	—		50/100	

77 : 28 = 100 : 36; genau so oben,
50 : 18 = 100 : 36 (Tab. III, Abt. IIb).

Tabelle IV. Abteilung II.

Milzbrand-Seidenfäden von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit % Ruhende Luft		Wirksamkeit % Allseitig bewegte Luft	
65	1000	12. Dezbr.	30°	19/100	Mittel 7/100	—	
66	1000	13. »	12°	4/100		—	
68	1000	17. »	20°	12/100		—	
F 70	1000	19. »	18°	0/100		—	
72	1000	21. »	15°	0/100		—	
63	1000	10. Dezbr.	8°	—		5/100	Mittel 22/100
64	1000	11. »	30°	—		65/100	
67	1000	14. »	10°	—		23/100	
69	1000	18. »	19°	—		15/100	
71	1000	20. »	20°	—		4/100	

Hierin verhalten sich
22 : 7 = 100 : 32; ähnlich ist oben,
50 : 18 = 100 : 36 (Tab. III, Abt. IIb).

Vergleicht man die entsprechenden Versuche der beiden Abteilungen in ruhender und in bewegter Luft unter sich, Versuche, in denen jedenfalls die verschiedene Resistenz der Milzbrandsporen das gewichtigste, die Desinfektionswirkung beeinflussende Moment war, so kommt man zu folgenden Verhältniszahlen:

a) Wirksamkeit der Desinfektion in ruhender Luft.

Milzbrandsporen von 1—2, mit solchen von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz verglichen:

28 : 7 = 100 : 24 = 4 : 1.

b) Wirksamkeit der Desinfektion in allseitig bewegter Luft.

Milzbrandsporen von 1—2, mit solchen von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz verglichen:

77 : 22 = 100 : 29 = $3^1/_2$: 1.

Tabelle V.

Einflufs der Lufttemperatur auf die Wirksamkeit der Desinfektion.

(Die Versuche geordnet nach steigenden Lufttemperaturen.)

Abteilung I.

Milzbrandsporen von 1—2 Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Mittl. Temp.		Datum 1900	Formalin-Menge	Wirksamkeit %			
					Ruhende Luft		Allseitig bewegte Luft	
62	8°	Mittel 9°	8. Dezbr.	1000	5/100	Mittel 28/100	—	
F 55	9°		26. Novbr.	1000	9/100		—	
61	9°		4. Dezbr.	1000	14/100		—	
54	10°		22. Novbr.	1000	59/100		—	
46	11°		9. »	1000	55/100		—	
F 60	8°	Mittel 9°	3. Dezbr.	1000	—		50/100	Mittel 77/100
F 56	9°		28. Novbr.	1000	—		55/100	
52	10°		19. »	900	—		91/100	
51	10°		17. »	900	—		95/100	
53	10°		20. »	1000	—		95/100	
44	12°	Mittel 13°	1. Novbr.	500	9/100	Mittel 29/100	—	
42	13°		19. Oktober	500	18/100		—	
41	13°		18. »	500	30/100		—	
39	14°		16. »	500	60/100		—	
48	10°	Mittel 12°	13. Novbr.	500	—		24/100	Mittel 41/100
45	11°		3. »	500	—		18/100	
43	13°		20. Oktober	500	—		32/100	
40	14°		17. »	500	—		90/100	

Hierin verhalten sich (vgl. Tab. III, Abt. IIb, u. Tab. IV, Abt. I)
77 : 28 = 100 : 36; ferner (vgl. Tab. III, Abt. II b)
41 : 29 = 100 : 71.

Tabelle V. Abteilung II.

Milzbrandsporen von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Mittl. Temp.		Datum	Formalin-Menge	Wirksamkeit %			
					Ruhende Luft		Allseitig bewegte Luft	
73	— 3°		4. Januar 01	3000	0/100		—	
F 74[1]	— 3°		7. » 01	3000	0/100		—	
66	12°	Mittel 19°	13. Dezbr. 00	1000	4/100	Mittel 7/100	—	
72	15°		21. » 00	1000	0/100		—	
F 70	18°		19. » 00	1000	0/100		—	
68	20°		17. » 00	1000	12/100		—	
65	30°		12. » 00	1000	19/100		—	
63	8°	Mittel 17°	10. Dezbr. 00	1000	—		5/100	Mittel 22/100
67	10°		14. » 00	1000	—		23/100	
69	19°		18. » 00	1000	—		15/100	
71	20°		20. » 00	1000	—		4/100	
64	30°		11. » 00	1000	—		65/100	

Hierin verhalten sich (vgl. Tab. IV, Abt. II)
22 : 7 = 100 : 32.

Tabelle VI.

Einflufs der Art des Testobjekts auf die Desinfektionswirkung.

Abteilung I.

Die Wirkung auf Milzbrandsporen im Vergleich zur Wirkung auf Typhus, Diphtherie, Staph.
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Ohne oder mit Wind?	Formalin-Menge	Testobjekte abgetötet				Bemerk.
			I. Milzbrand	II. Typhus	III. Diphth.	IV. Staph.	
35	O. W.	300	2 von 10 Obj. abgetötet	9 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	—
36	M. W.	300	2 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	1 Schmetterling bleibt leben

1) Vorgesetztes »F« bedeutet, wie erwähnt, Versuch mit Flügges Apparat.

Tabelle VI. Abteilung II.

Die Wirkung auf Milzbrandsporen im Vergleich zur Wirkung auf Mäuse (Hausmäuse) und Insekten (Flöhe, Wanzen, Käfer, Fliegen, Motten, Schmetterlinge).

(Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Ohne oder mit Wind?	Formalin-Menge	Versuchsobjekte getötet		
			I. Milzbrand	II. Hausmäuse	III. Verschiedene Insekten
4	O. W.	1500	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	—
5	M. W.	750	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	—
6	M. W.	1000	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	1 Fliege bleibt leben; 1 Schmetterling bleibt leben
13	O. W.	400	8 von 16 Obj. abgetötet	—	5 von 11 Fliegen getötet; 1 Motte getötet
14	M. W.	400	15 von 16 Obj. abgetötet	—	12 von 17 Fliegen getötet; 0 von 4 Wanzen getötet
15	M. W.	400	8 von 16 Obj. abgetötet	—	1 von 2 Fliegen getötet; 0 von 4 Wanzen getötet
16	M. W.	400	11 von 16 Obj. abgetötet	—	8 von 8 Fliegen getötet; 0 von 7 Wanzen getötet
17	O. W.	400	12 von 16 Obj. abgetötet	—	0 von 7 Wanzen getötet
18	O. W.	400	15 von 16 Obj. abgetötet	—	0 von 7 Wanzen getötet; 0 von 2 Schmett. getötet
21	O. W.	300	13 von 16 Obj. abgetötet	—	1 Floh bleibt leben; 1 Käfer bleibt leben
31	M. W.	200	5 von 16 Obj. abgetötet	—	1 Floh getötet; 0 von 2 Schmett. getötet

Nach unseren Versuchen ist der Formaldehyd als Ungeziefer-Vertilgungsmittel von solch geringer und fragwürdiger Wirkung, dafs er hierfür nicht empfohlen werden darf. Wir betonen diesen Umstand. Denn Springfeld hat inzwischen die, soweit ersichtlich, experimentell nicht gestützte Behauptung aufgestellt: »Vielleicht hilft die Thatsache, dafs die Formaldehyd-Desinfektion auch das Ungeziefer angreift, der (Formaldehyd-) Desinfektion die Wege ebnen« (Zeitschr. f. Amts- u. Gemeindevorsteher, 3. Jahrg. 1891, Nr. 6).

Tabelle VII.

Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse in den einzelnen Versuchen (Mittelwerte).

Abteilung I. Versuch Nr. 1—20.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im Freien.

Nr.	Datum 1900	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temp.	Absol. Feucht. mg/L	Sätt.-Defiz. mg/L	Rel. Feucht. %
1	19. Juni	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	18,0	7,7	7,6	50
2	20. »	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	20,0	9,5	7,7	55
3	22. »	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	19,5	9,2	7,5	55
4	26. »	O. W.	1500 Wasser + 1500 Formalin.	15,0	9,0	3,8	70
5	27. »	M. W.	1500 Wasser + 1500 Formalin.	14,0	10,8	1,2	90
6	28. »	M. W.	1000 Wasser + 1000 Formalin.	15,5	9,2	4,0	70
7	29. »	O. W.	1000 Wasser + 1000 Formalin.	17,0	8,9	5,9	60
8	2. Juli	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	19,5	10,9	5,8	65
9	3. »	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	22,5	15,0	5,0	75
10	4. »	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	16,0	9,8	3,8	72
11	5. »	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	15,0	7,0	5,8	55
12	6. »	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	19,0	10,5	5,7	65
13	9. »	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	12,5	9,4	1,6	85
14	10. »	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	14,5	7,4	5,0	60
15	11. »	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	17,5	7,4	7,4	50
16	12. »	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	19,5	7,5	9,2	45
17	13. »	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	21,5	9,4	9,4	50
18	16. »	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	27,0	12,8	12,8	50
19	17. »	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	24,5	13,3	8,9	60
20	18. »	M. W.	Keine Verdampfung. (Blinder Versuch.)	19,0	10,5	5,7	65

Tabelle VII. Abteilung II. Versuche Nr. 21—74.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im Zimmer und im Freien.

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur		Absol. Feucht.		Sätt.-Defiz.		Rel. Feucht.	
			Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.
			Grad	Grad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	%
Nr. 21, 19. Juli	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	27,0 23,0	+ 4,0	17,9 10,2	+ 7,7	7,7 10,2	— 2,5	70 50	+ 20
Nr. 22, 20. Juli	O. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,5 27,5	+ 1,0	19,5 13,2	+ 6,3	8,3 13,1	— 4,8	70 50	+ 20
Nr. 23, 23. Juli	O. W.	1500 Wasser + 100 Formalin	27,5 19,0	+ 8,5	19,7 13,8	+ 5,9	6,6 2,4	+ 4,2	75 85	— 10
Nr. 24, 24. Juli	O. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	27,0 19,5	+ 7,5	18,7 11,7	+ 7,0	6,9 5,0	+ 1,9	73 70	+ 3
Nr. 25, 25. Juli	M. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	28,0 24,5	+ 3,5	20,2 14,5	+ 5,7	6,8 7,8	— 1,0	75 65	+ 10
Nr. 26, 26. Juli	O. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	29,0 29,0	± 0	21,4 15,7	+ 5,7	7,1 12,8	— 5,7	75 55	+ 20
Nr. 27, 27. Juli	M. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	30.0 20,0	+ 10,0	21,1 11,2	+ 9,9	10,0 6,0	+ 4,0	70 65	+ 5
Nr. 28, 30. Juli	M. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	27,5 22,0	+ 5,5	18,4 11,6	+ 6,8	7,9 7,7	+ 0,2	70 60	+ 10
Nr. 29, 31 Juli	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	26,5 17,5	+ 9,0	17,4 11,1	+ 6,3	7,5 3,7	+ 3,8	70 75	— 5
Nr. 30, 1. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 100 Formalin	26,5 18,5	+ 8,0	17,4 8,6	+ 8,8	7,5 7,1	+ 0,4	70 55	+ 15
Nr. 31, 2. Aug,	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	25,0 17,5	+ 7,5	16,5 11,1	+ 5,4	6,4 3,7	+ 2,7	72 75	— 3
Nr. 32, 3. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,0 19,0	+ 9,0	20,4 9,7	+ 10,7	6,6 6,5	+ 0,1	72 60	+ 12
Nr. 33, 4. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,5 19,0	+ 9,5	20,0 11,3	+ 8,7	7,8 4,9	+ 2,9	72 70	+ 2
Nr. 34, 6. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	23,0 18,0	+ 5,0	15,3 8,4	+ 6,9	5,1 6,9	— 1,8	75 55	+ 20
Nr. 35, 11. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	21,5 14,0	+ 7,5	15,0 10,8	+ 4,2	3,8 1,2	+ 2,6	80 90	— 10
Nr. 36, 13. Aug	M. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	21,5 16,5	+ 5,0	16,0 10,5	+ 5,5	2,8 3,5	— 0,7	85 75	+ 10
Nr. 37, 15. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	21,0 17,0	+ 4,0	17,3 10,8	+ 6,5	0,9 3,6	— 2,7	95 75	+ 20
Nr. 38, 16. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	22,0 22,5	— 0,5	18,3 11,9	+ 6,4	1,0 8,0	— 7,0	95 60	+ 35
Nr. 39, 16 Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	14,0 8,0	+ 6,0	10,8 7,1	+ 3,7	1,2 1,2	± 0,0	90 85	+ 5
Nr. 40, 17. Okt.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	14,0 7,5	+ 6,5	11,4 6,0	+ 5,4	0,6 2,0	— 1,4	95 75	+ 20
Nr. 41, 18. Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	13,0 7,0	+ 6,0	10,7 7,0	+ 3,7	0,6 0,8	— 0,2	95 90	+ 5

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur		Absol. Feucht.		Sätt.-Defiz.		Rel. Feucht.	
			Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.	Innen Aussen	Diff.
			Grad	Grad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	%
Nr. 42, 19. Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	13,0 6,0	+ 7,0	10,7 5,8	+ 4,9	0,6 1,5	— 0,9	95 80	+ 15
Nr. 43, 20. Okt.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	12,5 4,5	+ 8,0	10,5 5,0	+ 5,5	0,5 1,6	— 1,1	95 75	+ 20
Nr. 44, 1. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	12,0 7,5	+ 4,5	10,1 6,4	+ 3,7	0,5 1,6	— 1,1	95 80	+ 15
Nr. 45, 3. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	11,0 5,0	+ 6,0	8,5 4,8	+ 3,7	1,5 2,0	— 0,5	85 70	+ 15
Nr. 46, 9. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	11,0 7,0	+ 4,0	8,5 6,2	+ 2,3	1,5 1,6	— 0,1	85 80	+ 5
Nr. 47, 10. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	11,0 8,5	+ 2,5	9,5 6,0	+ 3,5	0,5 2,5	— 2,0	95 70	+ 25
Nr. 48, 13. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	10,0 1,5	+ 8,5	8,9 5,1	+ 3,8	0,5 0,3	+ 0,2	95 95	± 0
Nr. 49, 15. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	9,0 6,0	+ 3,0	8,4 6,9	+ 1,5	0,4 0,4	± 0,0	95 95	± 0
Nr. 50, 16. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	10,0 6,5	+ 3,5	9,4 6,4	+ 3,0	0,0 1,1	— 1,1	100 85	+ 15
Nr. 51, 17. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 900 Formalin	10,0 4,0	+ 6,0	8,9 6,1	+ 2,8	0,5 0,3	+ 0,2	95 95	± 0
Nr. 52, 19. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 900 Formalin	10,0 5,0	+ 5,0	9,4 6,1	+ 3,3	0,0 0,7	— 0,7	100 90	+ 10
Nr. 53, 20. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	10,0 5,0	+ 5,0	9,4 6,1	+ 3,3	0,0 0,7	— 0,7	100 90	+ 10
Nr. 54, 22. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	10,0 9,0	+ 1,0	9,4 7,5	+ 1,9	0,0 1,3	— 1,3	100 85	+ 15
Nr. 55, 26. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 5,5	+ 3,5	8,8 6,3	+ 2,5	0,0 0,7	— 0,7	100 90	+ 10
Nr. 56, 28. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 5,5	+ 3,5	8,8 5,6	+ 3,2	0,0 1,4	— 1,4	100 80	+ 20
Nr. 57, 29. Nov.	O. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	9,0 1,5	+ 7,5	8,8 4,9	+ 3,9	0,0 0,5	— 0,5	100 90	+ 10
Nr. 58, 30. Nov.	M. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	9,0 2,5	+ 6,5	8,8 5,2	+ 3,6	0,0 0,6	— 0,6	100 90	+ 10
Nr. 59, 1. Dez.	M. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	8,0 2,0	+ 6,0	8,3 5,0	+ 3,3	0,0 0,6	— 0,6	100 90	+ 10
Nr. 60, 3. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 — 1,0	+ 7,0	7,1 3,4	+ 3,7	1,2 1,1	+ 0,1	85 75	+ 10
Nr. 61, 4. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 + 3,0	+ 6,0	7,5 4,8	+ 2,7	1,3 1,2	+ 0,1	85 80	+ 5
Nr. 62, 8. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 — 0,5	+ 8,5	8,4 3,5	+ 4,9	0,4 1,2	— 0,8	95 75	+ 20
Nr. 63, 10. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 4,0	+ 4,0	7,9 6,1	+ 1,8	0,4 0,3	+ 0,1	95 95	± 0

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur Innen Aussen	Temperatur Diff.	Absol. Feucht. Innen Aussen	Absol. Feucht. Diff.	Sätt.-Defiz. Innen Aussen	Sätt.-Defiz. Diff.	Rel. Feucht. Innen Aussen	Rel. Feucht. Diff.
			Grad	Grad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	%
Nr. 64,	M. W.	1500 Wasser +	30,0	+ 27,5	13,5	+ 8,3	16,6	+ 16,0	45	— 45
11. Dez.		1000 Formalin	2,5		5,2		0,6		90	
Nr. 65,	O. W.	1500 Wasser +	30,0	+ 24,5	13,5	+ 7,2	16,6	+ 15,9	45	— 45
12. Dez.		1000 Formalin	5,5		6,3		0,7		90	
Nr. 66,	O. W.	1500 Wasser +	12,0	+ 4,0	10,1	+ 3,0	0,5	— 0,7	95	+ 10
13. Dez.		1000 Formalin	8,0		7,1		1,2		85	
Nr. 67,	M. W.	1500 Wasser +	10,0	+ 3,0	8,9	+ 2,7	0,5	— 1,1	95	+ 15
14. Dez.		1000 Formalin	7,0		6,2		1,6		80	
Nr. 68,	O. W.	1500 Wasser +	20,0	+ 13,0	17,2	+ 10,6	6,9	+ 5,7	60	— 15
17. Dez.		1000 Formalin	7,0		6,6		1,2		85	
Nr. 69,	M. W.	1500 Wasser +	19,0	+ 14,0	11,3	+ 6,5	4,9	+ 2,9	70	± 0
18. Dez		1000 Formalin	5,0		4,8		2,0		70	
Nr. 70,	O. W.	1500 Wasser +	18,0	+ 16,5	9,2	+ 4,6	6,1	+ 5,3	60	— 25
19. Dez.		1000 Formalin	1,5		4,6		0,8		85	
Nr. 71,	M. W.	1500 Wasser +	20,0	+ 16,5	11,2	+ 5,9	6,0	+ 5,1	65	— 20
20. Dez.		1000 Formalin	3,5		5,3		0,9		85	
Nr. 72,	O. W.	1500 Wasser +	15,0	+ 10,0	8,3	+ 3,0	4,5	+ 2,8	65	— 10
21. Dez.		1000 Formalin	5,0		5,3		1,7		75	
Nr. 73,	O. W.	1500 Wasser +	— 3,0	+ 9,0	3,9	+ 2,6	0,0	— 0,6	100	+ 30
4. Jan.		3000 Formalin	— 12		1,3		0,6		70	
Nr. 74,	O. W.	1500 Wasser +	— 3,0	+ 7,0	3,9	+ 1,9	0,0	— 0,3	100	+ 15
7. Jan.		3000 Formalin	— 10		2,0		0,3		85	

Tabelle VIII.

Witterung (Windstärke und Himmelsbedeckung) während der einzelnen Versuche.

(Nach Beobachtungen von Professor Börnstein auf der landwirtschaftlichen Hochschule, NW., Invalidenstr. 42.)

Nr.	Datum (1900)	Windstärke 0 bis 12	Bedeckung 0 bis 10*)	Nr.	Datum (1900)	Windstärke 0 bis 12	Bedeckung 0 bis 10*)
1	19. Juni	1[1]) bis 2[2])	0[1]) bis 4[2])	6	28. Juni	1 bis 1	10 bis 7
2	20. »	1 » 3	5 » 8	7	29. »	1 » 1	8 » 7
3	22. »	1 » 4	9 » 10	8	2. Juli	1 » 1	7 » 10
4	26. »	1 » 1	10 » 9	9	3. »	1 » 2	6 » 9
5	27. »	1 » 1	10 » 10	10	4. „	1 » 1	10 » 10

*) Himmelsbedeckung von 0 ganz heiter, bis 10 ganz bedeckt.
1) Zu Beginn des Versuches. — 2) Am Schlufs des Versuchs.

Nr.	Datum (1900)	Windstärke 0 bis 12	Bedeckung 0 bis 10*)
11	5 Juli	1[1]) bis 1[2])	2[1]) bis 7[2])
12	6. ›	1 › 1	10 › 10
13	9. ›	2 › 1	10 › 10
14	10. ›	1 › 4	6 › 4
15	11. ›	1 › 1	3 › 3
16	12. ›	1 › 1	0 › 1
17	13. ›	1 › 1	0 › 0
18	16. ›	1 › 1	0 › 6
19	17. ›	0 › 2	8 › 9
20	18. ›	1 › 1	10 › 6
21	19. ›	1 › 1	0 › 0
22	20. ›	1 › 1	2 › 0
23	23. ›	1 › 1	10 › 10
24	24. ›	1 › 1	7 › 8
25	25. ›	1 › 1	3 › 4
26	26. ›	1 › 2	0 › 4
27	27. ›	1 › 1	10 › 4
28	30. ›	1 › 2	10 › 8
29	31. ›	1 › 2	10 › 7
30	1. Aug.	1 › 1	6 › 7
31	2. ›	1 › 1	10 › 10
32	3. ›	2 › 2	7 › 6
33	4. ›	1 › 4	7 › 10
34	6. ›	1 › 4	9 › 5
35	11. ›	1 › 2	10 › 10
36	13. ›	1 › 1	0 › 10
37	15. ›	1 › 1	6 › 9
38	16. Aug.	1 › 4	0 › 5
39	16. Okt.	5 › 4	10 › 10
40	17. ›	2 › 3	2 › 4
41	18. ›	1 › 2	10 › 10
42	19. ›	1 › 3	10 › 8
43	20. Okt.	1 bis 1	2 bis 8
44	1. Nov.	3 › 3	10 › 5
45	3. ›	2 › 2	3 › 4
46	9. ›	2 › 4	10 › 4
47	10. ›	1 › 3	10 › 10
48	13. ›	2 › 2	10 › 10
49	15. ›	1 › 1	10 › 10
50	16. ›	1 › 1	10 › 10
51	17. ›	1 › 3	10 › 10
52	19. ›	1 › 2	10 › 10
53	20. ›	1 › 2	10 › 10
54	22. ›	1 › 2	10 › 10
55	26. ›	1 › 1	10 › 10
56	28. ›	1 › 1	6 › 7
57	29. ›	1 › 1	10 › 8
58	30. ›	1 › 2	0 › 10
59	1. Dez.	1 › 1	10 › 10
60	3. ›	1 › 1	9 › 7
61	4. ›	4 › 2	10 › 10
62	8. ›	1 › 2	0 › 2
63	10. ›	1 › 1	10 › 10
64	11. ›	1 › 2	10 › 10
65	12. ›	2 › 2	10 › 10
66	13. ›	1 › 2	10 › 9
67	14. ›	2 › 3	11 › 10
68	17. ›	2 › 3	10 › 10
69	18. ›	1 › 2	0 › 4
70	19. ›	1 › 2	7 › 8
71	20. ›	1 › 6	8 › 6
72	21. ›	3 › 2	4 › 10
73	4. Jan.	1 › 1	6 › 3
74	7. ›	4 › 3	10 › 10

*) Himmelsbedeckung von 0 ganz heiter, bis 10 ganz bedeckt.
1) Zu Beginn des Versuchs. — 2) Am Schlufs des Versuchs.

Über den Einflufs der Lufttemperatur auf die Desinfektionswirkung des Formaldehyds.

Von

Dr. **Eugen Mayer** und Dr. **Heinrich Wolpert**

Stabsarzt. früher Assistent am Institut. — Privatdozent. Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Zu den Bedingungen, welche bei praktischen Versuchen die häufigsten und gröfsten Schwankungen zeigen, gehört gewifs der Temperaturgrad der zu desinficierenden Wohnräume. Die natürlichen Schwankungen der Lufttemperatur sind im Laufe des Jahres grofse, und man hat es bald mit geheizten, bald mit ungeheizten Räumen zu thun.

Den günstigen Einflufs der Wärme auf die Wirkung auch der gasförmigen Desinfektionsmittel hat zuerst, schon vor 20 Jahren, Robert Koch erkannt. Speziell hat er diesen Umstand auch für Karboldämpfe und Schwefelkohlenstoffdämpfe betont und hieran anknüpfend die wichtige, in gegenwärtiger Zeit wieder aktuell gewordene Bemerkung gemacht[1]: »Immerhin ist es wahrscheinlich, dafs sich manche unter gewöhnlichen Verhältnissen unzulängliche Desinfektionsmittel durch Kombination mit einer gesteigerten Temperatur zu einer ausreichenden Wirksamkeit bringen lassen; möglicherweise sind auch solche Substanzen, denen bei 20° C. jede desinficierende Wirkung fehlt, wie das Beispiel vom

1) Koch, Mitteil. a. d. Kais. Ges.-Amt, 1881, Bd. 1.

Schwefelkohlenstoff lehrt, bei etwas höherer Temperatur als vortreffliche Desinfektionsmittel zu gebrauchen. Es eröffnet sich in dieser Richtung ein sehr lohnendes Feld« . . . . .

Speziell für den Formaldehyd hat schon vor sieben Jahren Pottevin[1]) und zwei Jahre später auch Trillat[2]) nachgewiesen, dafs durch Temperaturerhöhung eine beträchtliche Verstärkung der baktericiden Kraft des Formaldehydgases eintritt. Allerdings hat Trillat[3]) wie auch später Abba und Rondelli[4]) den gleichzeitigen Einflufs der Luftfeuchtigkeit nicht richtig erkannt.

Dafs Temperaturschwankungen, wenn sie zu Feuchtigkeitsschwankungen führen, von Einflufs sind, haben wir oben erörtert; es bleibt aber noch zu erwägen, ob nicht ceteris paribus der Temperaturgrad eines Zimmers doch auch einen für praktische Verhältnisse bemerkbaren Einflufs zeigt. Die Angabe von Trillat, von Abba und Rondelli (1898), welche eine günstige Wirkung sehr hoher Temperaturen sahen, kann zweifellos für die vorliegende Frage um so weniger in Betracht kommen, als bei diesen Experimenten die Luftfeuchtigkeit nicht in richtiger Weise berücksichtigt worden ist, und diese Autoren sogar der Ansicht waren, dafs die Wirkung der Desinfektion mit dem Grade der Lufttrockenheit steige. Weiter liegt das Hauptinteresse nicht darin, dafs die Stubentemperatur gelegentlich sich über die Norm

---

1) Pottevin, 1894, Recherches sur le pouvoir antiseptique de l'aldéhyde formique, in Ann. de l'Inst. Pasteur, p. 807: »Les expériences, que je viens de rapporter, prouvent que l'élévation de la température augmente considérablement le pouvoir bactéricide de l'aldéhyde formique. . . . Les germes humides sont plus rapidement atteints que les germes secs. . . Dès que la température dépasse 35°, les vapeurs du formol, même sèches, sont douées d'une énergie, qui les rend précieuses pour la pratique de la désinfection«.

2) Essais de désinfection par les vapeurs de formaldéhyde. Par MM. G. Roux et A. Trillat. Ann. de l'Inst. Pasteur, 1896, p. 294.

3) Trillat, Propriétés antiseptiques des vapeurs de formol (ou aldéhyde formique), in Compt. rend. 1894, T. 119, p. 564: »La présence de l'eau rallentit (verlangsamt!) l'action antiseptique du formol proportionellement au degré de l'humidité«.

4) Abba und Rondelli, Das Formaldehyd und die öffentliche Desinfektion. Zeitschr. f. Hyg., 1898, Bd. 27, S. 49.

erhebt, als vielmehr in der Richtung der nach dem Nullpunkt zu abfallenden Temperaturen. Nach dieser Richtung geben auch die Versuche von Fairbanks[1]) keinen Aufschlufs. Derselbe teilt a. a. O. lediglich zwei Versuche mit, die beide durch Vergasung von 2 g Formaldehyd pro Kubikmeter Luftraum, ohne Wasserverdampfung, mit Scherings »Aeskulap« ausgeführt wurden. Der erste Versuch, bei 22° C. (welche Temperatur im Freien?), wurde auf 12 Stunden und der zweite, bei 20° C. (wieviel im Freien?) auf 8 Stunden normiert. In beiden Versuchen waren die »auf einem Tisch« exponierten Testbakterien (Diphtherie u. s. w.) abgetötet worden. In einer früheren Arbeit hatte Fairbanks, ohne auf die Temperatur zu sehen, analoge Versuche in einem andern Zimmer vorgenommen, die er 24 und mehr (nicht weniger!) Stunden lang ausdehnte. Angenommen, Fairbanks habe durch die beiden Heizversuche die Schlüsse der früheren Beobachter erweitert. Dann blieb immer noch zu untersuchen, ob bei einer beliebigen winterlichen Aufsentemperatur die Selbstlüftung des Raumes, wenn irgendwie, z. B. durch die gewöhnlichen Windöfen auf 20—22° geheizt wird, so geringfügig ist, dafs der Verlust an Formaldehyd nicht in Betracht kommt, oder aber: ob die durch starke Temperaturerhöhung gesteigerte Desinfektionswirkung den Materialverlust aus einer damit Hand in Hand gehenden beträchtlichen Selbstlüftung überkompensiert. Mit andern Worten: Ist die Desinfektion in dem auf 20—22° geheizten Zimmer bei beliebigen Aufsentemperaturen gleich erfolgreich? Diese Frage können nur Versuche entscheiden. Wir haben solche Versuche angestellt, da unseres Erachtens die Fairbanksschen Versuche nichts weiter beweisen, als dafs bei 20—22° eine Desinfektionsdauer von 8—12 Stunden unter bestimmten Voraussetzungen buereicht.

Aus unseren Versuchen Nr. 73 und 74 (s. Generaltabelle, Abt. VI, sowie Tabelle V, Abt. II) ist zunächst ersichtlich, dafs bei sehr tiefen Lufttemperaturen die Desinfektionswirkung so

1) Fairbanks, Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenk., 1898, Bd. 23. Nr. 16. Zwei Versuche in einem durch Centralheizung (wohl Niederdruck-Dampfheizung) im Winter erwärmten Zimmer.

gründlich ausbleiben kann, dafs selbst eine ins Ungemessene gehende Steigerung der anzuwendenden Formalinmengen kaum einen Erfolg versprechen dürfte. In diesen Versuchen betrug die mittlere Raumtemperatur nur 3° unter Null. Wir verdampften in dem 110 cbm grofsen Raum jedesmal 3 l Formalin, d. i. 3 bis 6 Mal soviel als in den meisten andern Versuchen, und erhielten gleichwohl nach Ablauf der von uns stets als Versuchsdauer gewählten 3½ Stunden auch nicht bei einer einzigen der ausgelegten 26 Testproben (Milzbrandsporen-Seidenfäden) eine Abtötung; nicht einmal eine Verzögerung des Wachstums war zu bemerken. Allerdings handelte es sich in diesen Versuchen, wie aber schon von Nr. 63 an, um ein sehr resistentes Sporenmaterial, das 3—4 Minuten und länger dem strömenden Dampf von 100° Widerstand leistete.

Am sichersten mufs der Einflufs der Temperatur auf die Desinfektionswirkung aus solchen Versuchen ergründbar sein, bei welchen im übrigen alle Verhältnisse möglichst gleichartig waren und besonders auch die Testobjekte womöglich vom gleichen Vorrat entnommen waren. Dieses ist der Fall in Abt. I und II von Tabelle V, worin die aufgeführten Versuche sämtlich zwischen Nr. 35—62 (Abt. I) bezw. 63—74 (Abt. II) liegen, teilweise freilich unter der Einwirkung eines künstlichen Innenwindes stehen, was jedoch ohne Belang ist, wenn, wie daselbst geschehen, nur Versuche in ruhender Luft für sich und ebenso in bewegter Luft für sich zusammengestellt werden. Die letzteren Versuche sind dann ebenfalls unter sich auf den Einflufs des Windes vergleichbar. Unter diesen Voraussetzungen soll Tabelle V einer näheren Betrachtung unterworfen werden und es ergibt sich dabei zunächst für gewöhnliche, ruhende Zimmerluft im wesentlichen folgendes:

Um 10° herum, bis gegen 15° aufwärts (und höher, wie aus Abt. II hervorgeht), ist ein Temperaturplus von

1) Im ganzen wurde viermal ein neuer Vorrat von Fäden zubereitet: Für Versuch 1—16, 17—34, 35—62 (alle diese mit ca. 1—2 Minuten Dampfresistenz), und für Versuch 63—74 (diese zufällig mit einer wesentlich gröfseren, mindestens 3—4 Minuten betragenden Dampfresistenz).

jedem Grad von erkennbarem Nutzen; jeder Grad mehr bedeutet eine Verstärkung der Desinfektionswirkung. Zum Beispiel:

Wurden 1000 Formalin verdampft, so betrug die Wirksamkeit der Desinfektion auf Milzbrandsproren-Seidenfäden in Prozenten:

Ruhende Luft, **1000** Formalin.[1])

	8° = 5/100	
	9° = 9/100	
Mittel 9°	9° = 14/100	Mittel 28/100 Wirksamkeit.
	10° = 59/100	
	11° = 55/100	

Die Wirkung war also zwar durchweg eine unzureichende, absolut genommen, aber unverkennbar prägt sich dohc der Einflufs der Temperatur in dem allmählichen Anstieg von 5/100 auf 55/100 aus. Und genau das Gleiche gilt für die Verdampfung von 500 Formalin, also der halben Menge gegen vor; die Gesetzmäfsigkeit der Wirkung findet hier womöglich einen noch besseren Ausdruck:

Ruhende Luft, **500** Formalin.[1])

	12° = 9/100	
Mittel 13°	13° = 18/100	Mittel 29/100 Wirksamkeit.
	13° = 30/100	
	14° = 60/100	

In den Versuchen für ruhende Luft hatte also durchschnittlich eine Erhöhung der Lufttemperatur von 9° auf 13° die Wirkung bereits auf das Doppelte gesteigert; wenigstens war der Desinfektionserfolg bei 13° mit 500 Formalin der gleiche wie bei 9° mit 1000 Formalin, und eine künstliche Erhöhung der Temperatur um 4° stellt daher in solchen Fällen als Aquivalent eine Ersparnis von 50% an Formalin in Aussicht.

---

[1]) Raumgröfse 110 cbm, Desinfektionsdauer $3\frac{1}{2}$ Stunden.

Konform ergab sich des ferneren der Temperatureinflufs in bewegter Luft auf Milzbrandsporen-Seidenfäden:

Bewegte Luft, **1000** Formalin.[1])

Mittel 10° { 8° = 50/100, 9° = 55/100, 10° = 91/100, 10° = 95/100, 10° = 95/100 } Mittel 77/100 Wirksamkeit.

Bewegte Luft, **500** Formalin.[1])

Mittel 12° { 10° = 24/100, 11° = 18/100, 13° = 32/100, 14° = 90/100 } Mittel 41/100 Wirksamkeit.

Ferner zeigt sich, dafs auch bei sog. »forciertem« Heizen (30° gegen 20°, vgl. Nr. 65 und 68, 64 und 71) die Desinfektionswirkung ganz erheblich zunahm, obwohl zweifellos infolge der gesteigerten natürlichen Ventilation nicht unbeträchtliche Mengen von Formaldehyd unwirksam wurden. Hohe Lufttemperatur kann bei der Formalindesinfektion eine so bedeutende Wirkung entfalten, dafs sogar auch der Nachteil einer trockenen Luft überkompensiert wird. Es genügten z. B. in Versuch Nr. 64, bei einer mittleren Lufttemperatur von 30°, schon 45% r. F. bei Verwendung von 1000 ccm Formalin zu einer vollkommenen Desinfektionswirkung auf 17 von 22 Testobjekten, während im unmittelbar vorausgegangenen Versuch (Nr. 63) ceteris paribus bei etwa 10°, ungeachtet einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 90%, nur e i n e s von 22 Objekten eine Abtötung erlitten hatte, eine Erscheinung, die sich genau in gleicher Weise auch im nächstfolgenden Versuch bei ungefähr 10° (Nr. 66) wiederholte. Um 0° herum vollends blieb die Desinfektionswirkung ausnahmslos aus, wie oben erwähnt (Versuche Nr. 73 und 74), wenngleich die relative Feuchtigkeit 100% betrug und sogar 3000 ccm Formalin verdampft wurden.

---

[1]) Raumgröfse 110 cbm, Desinfektionsdauer 3½ Stunden.

Die Lufttemperatur spielt also unter Umständen eine gröfsere Rolle bei der Formalindesinfektion als die Luftfeuchtigkeit. Auch bei 30° mittlerer Lufttemperatur blieb aber die Wirkung aus, wo die Luftfeuchtigkeit, wie im nächsten Umkreis des heifsen Ofens gar zu gering war (Platz 28—31 in Versuch Nr. 68, 65, 71, 64), obwohl an diesen Stellen die Temperatur der festen Objekte unter dem Einflufs der Strahlung weit über 30° betrug; denn diese Stellen fühlten sich heifs an. Wir empfehlen daher, das Zimmer schon am Tage vor der auszuführenden Desinfektion möglichst stark durchzuwärmen und unmittelbar vor Beginn der Desinfektion den Ofen nicht nochmals zu beschicken, immerhin aber bis dahin das Feuer, wenn thunlich, nicht ganz erlöschen zu lassen.

Durch das starke Heizen wird zwar die Temperaturdifferenz gegenüber dem Freien erhöht und es tritt ein Verlust an Formaldehyd ein; zweifellos wirkt daher eine spontane hohe Lufttemperatur, wie sie im Hochsommer gegeben ist, günstiger als eine künstliche Temperatursteigerung im Winter auf die Desinfektion ein. Ohne Versuche angestellt zu haben, könnte man sogar glauben, dafs die natürliche Ventilation des stark geheizten Zimmers durch den Materialverlust mehr schade als durch die Temperaturerhöhung nütze. Flügge[1]) schreibt wohl aus diesem Grunde in seiner Instruktion vor: »Dem Meldenden ist mitzuteilen, dafs das Zimmer bis zum Eintreffen der Desinfektionskolonne nicht geheizt werden darf.« Auch Peerenboom[2]) hat theoretische Bedenken gegen eine Heizung des Zimmers, einmal weil dadurch die Ventilation erhöht werde, somit ein Materialverlust eintrete, sodann, weil bei höherer Temperatur, wie das schon im ungeheizten hochtemperierten Zimmer der Fall sein könne, zu viel Formaldehyd in der Luft zurückbleibe, ohne mit den Objekten in Berührung zu kommen; auch er sagt daher: »Die Zimmer bleiben am besten ungeheizt.« Unsere direkten

1) S. 19 a. a. O.

2) Peerenboom, Zum Verhalten des Formaldehyds im geschlossenen Raum und zu seiner Desinfektionswirkung. Hygienische Rundschau, 1898, Nr. 16, S. 775.

Versuche haben ergeben, dafs zwar die Zimmer zweckmäfsiger vorgeheizt als erst während des Desinfektionsaktes angeheizt werden sollen; immerhin haben wir aber den Einflufs der Wärme als einen so eminent förderlichen Faktor erkannt, dafs wir bei Desinfektionsausführungen zur Winterszeit in solchen Fällen, wo das Vorheizen versäumt wurde, unter keinen Umständen auf ein Heizen während des Desinfektionsaktes verzichten möchten. In der Desinfektionspraxis werden Fälle, in denen die Sanitätskolonne aus Versehen, Indolenz oder Sparsamkeit nicht vorgeheizte Räume vorfinden wird, auch wenn an den Meldenden das gegenteilige Verlangen gestellt werde, etwas ganz Alltägliches sein.

Wir haben schon eingangs erwähnt, dafs es eine alte Erfahrungsthatsache ist, dafs viele Desinfektionsmittel mit zunehmender Temperatur eine zunehmende Wirkung entfalten.

Für diesen Vorgang hat man bis jetzt eine experimentell begründete Theorie nicht geben können.

Unseres Erachtens kommen hierbei drei Möglichkeiten in Betracht.

Entweder hat die Temperatur einen Einflufs, indem hier, wie so häufig bei chemischen Vorgängen, die desinficierende Substanz durch die Wärmebewegung aktiv gemacht wird, so dafs also auch der Formaldehyd mit steigender Temperatur leichter in jene Reaktion mit dem Bakterienmaterial eintritt, den wir als Vorgang der Tötung auffassen müssen; oder die Substanz der Bakterien erleidet selbst, obwohl sich letztere in lufttrockenem Zustand und bei latentem Leben befinden, solche Änderungen, welche sie geeigneter machen, mit dem Formaldehyd in Reaktion zu treten; oder endlich, was am wahrscheinlichsten ist, es treten sowohl bei dem Formaldehyd wie bei dem Bakterienprotoplasma mit steigender Temperatur die Bedingungen zu besserer gegenseitiger Reaktion ein.

In welchem Mafse dann die relative Feuchtigkeit der Luft an diesen Vorgängen beteiligt ist, läfst sich vorerst nur im allgemeinen angeben. Wenn auch bei jeder Temperatur ein gewisser Feuchtigkeitsgrad den Grenzwert der Desinfektionswirkung

darstellt, so braucht doch dessen absolute Gröfse nicht bei allen Temperaturen die gleiche zu sein. Eine Kondensation von Wasserdampf zu tropfenförmigem Wasser ist jedoch schädlich, einmal, weil hierdurch der Luft und somit auch den andern Objekten des Zimmers zu viel Formaldehyd entzogen wird zu gunsten einer beschränkten Stelle, und sodann gleichwohl die Concentration der durch die folgende Absorption des Formaldehyds sich bildenden Formalinlösung für eine wirksame Desinfektion dieser beschränkten Stelle noch nicht auszureichen braucht.

Wir müssen aber noch auf eine andere Rückwirkung der Temperatur hinweisen, die ziemlich sicher ebenfalls an den Versuchsergebnissen beteiligt ist. Durch eine niedrige Lufttemperatur scheint nämlich eine frühzeitige Bildung von Paraldehyd befördert zu werden. Wir beobachteten, wenigstens bei den tiefgradigen Versuchen, die auffällige Thatsache, dafs sich dicke Nebel bildeten, dafs nach Abschlufs der Versuche der Formalingeruch ein minimaler war und dafs sich auf sämmtlichen Gegenständen kleinste grauweifse Pünktchen vorfanden. Die dicken Nebel waren offenbar durch Paraform bedingt, und die weifsen Pünktchen sind hierauf zurückzuführen; die wirkliche Formaldehydabsorption durch den Wasserdampf war infolgedessen so gering, dafs der auftretende schwache Formalingeruch nicht einmal am Betreten des Raumes hinderte, was bei den hochgradigen Versuchen ausgeschlossen war. Bei den Versuchen unter 0° bemerkten wir ferner, dafs die gefrorenen Fensterscheiben auftauten bezw. überhaupt nicht zufroren, gleichwohl aber von Kondensflüssigkeit beschlagen waren. Das war darauf zurückzuführen, dafs auch das Eis wie flüssiges Wasser den Formaldehyd absorbiert und die entstehende Formalinlösung einen niedrigeren Gefrierpunkt als das Wasser hat. Von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugten wir uns auch noch durch folgenden Versuch: wir stellten zwei Glasgefäfse, in welche etwas Wasser eingefüllt wurde, in das eine dazu ein Schälchen mit etwas Formalinlösung, bei tief unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegenden Aufsentemperaturen ins Freie; während in dem Wassergefäfs sich auf der ganzen Innenfläche Kondenseis (Eisblumen) bildete, beschlugen sich

wohl auch die Wandungen des andern Gefäfses, aber zu einem Gefrieren dieser Kondensflüssigkeit kam es nicht. — Der Eine von uns, welcher die vorliegenden Untersuchungen angeregt hatte (W.), wird diese Fragen noch weiterhin experimentell verfolgen und behält sich vor, über die Mengen des bei verschiedener Temperatur in der Luft vorhandenen Formaldehyds und Paraldehyds zu gelegener Jahreszeit besondere Versuche anzustellen.

Es dürfte daher ratsam sein, die Wohnungsdesinfektion mittels Formaldehyds bei möglichst hoher, eventuell künstlich gesteigerter Raumtemperatur vorzunehmen und nicht ungemessene grofse Wassermengen bis zur Kondensation an den Wänden und Gegenständen zu verdampfen, sondern nur so viel, dafs der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von dem Sättigungspunkt noch erheblich entfernt bleibt (nicht wesentlich weniger als 40 und nicht über 80% r. F. bei etwa 30°, bei niedrigeren Temperaturen am besten gegen 80% r. F.). Hierdurch wird erreicht, dafs keine Kondensation eintritt und folglich weder Möbel, Broncegegenstände u. dergl. beschädigt werden, noch durch Übergang des Formaldehyds in Lösung eine Minderung der Desinfektionswirkung zu befürchten ist.

In besonderen Fällen kann es vorkommen, dafs im Winter entweder eine bestehende Heizeinrichtung dem Desinfektionszweck nicht genügt oder der zu desinfizierende Raum, etwa ein Schlafzimmer, überhaupt keine Heizeinrichtung besitzt. Ersteres kann beispielsweise der Fall sein in grofsen Kasernenstuben oder in Barackenräumen auf Übungsplätzen, die ja mitunter, gerade bei Epidemien, auch in der kälteren Jahreszeit belegt werden müssen, und wo die vorhandenen Öfen bei weitem nicht ausreichen können, um wenigstens alle Teile des Raumes auf die gewünschte hohe Temperatur (mindestens 20°) zu bringen. In solchen Fällen werden Koakskörbe oder Holzkohlenbecken oder -Pfannen sehr gute Dienste leisten, da man dieselben in beliebiger Anzahl und über den Raum verteilt aufstellen kann. Was wir oben über die gewöhnliche Ofenheizung gesagt haben, gilt auch hier, am vorteilhaftesten wird der Raum nicht während der Desinfektionsausführung geheizt, sondern schon vorher. Es mag noch bemerkt

werden, dafs die Gröfse der Wärmeentwicklung, die sich mittels Kohlenbecken erreichen läfst, wie neuere Forschungen ergeben haben[1]), bisher ebenso sehr unterschätzt wurde als man geneigt war, die Gefahr einer hierdurch bedingten Kohlenoxydvergiftung zu überschätzen; Krell fand, dafs bei sachgemäfser Behandlung der Kohlenbecken, wie sie in Rufsland auch vielfach üblich sei, kein Kohlenoxyd auftrat oder doch nur in so geringen Spuren, die quantitativ nicht fafsbar waren.

1) Otto Krell, Antike Heizungen. München, Oldenbourg, 1901.

Studien zur relativen Photometrie.

Vom

Dozenten Dr. **Stanislav Růžička,**
Assistenten am Institut.

(Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag.)

Zur Bestimmung der Verteilung des Lichtes in einem beleuchteten Raume ist aufser der ziemlich mühsamen und in vielen Fällen wegen Lichtschwankungen praktisch kaum durchführbaren Methode der Feststellung der absoluten Belichtungsintensität einer Anzahl von Plätzen des betreffenden Raumes mittels eines exakten Photometers (z. B. des Weberschen Milchglasphotometers) nur für das Tageslicht noch die Methode der Raumwinkelmessung (nach Weber) vorhanden.

Bei der Benutzung des Photometers zum obigen Zwecke ergibt sich nämlich die Schwierigkeit, dafs die für alle Plätze gleichzeitige Ablesung nur dann möglich wäre, wenn für jeden Platz ein besonderer Photometer und ein mit seiner Handhabung vertrauter Beobachter vorhanden wäre. Sonst kann — wenn man nur mit einem Photometer arbeitet — während des Überganges von einem Platze zum anderen eine Lichtschwankung eintreten, so dafs dann das resultierende Verhältnis verschoben ist. Je gröfser die Lichtschwankungen sind, desto fehlerhafter ist dann das Resultat. Dieser Fall tritt besonders beim Taglicht in hohem Mafse ein, aber auch von der künstlichen Beleuchtung gilt — wenn auch in geringerem Mafse — dasselbe (Gasdruckschwankungen, Schwankungen des elektrischen Stromes).

Der Methode der Raumwinkelmessung aber haftet der Mangel an, dafs sie als Lichtquelle für die Beleuchtung der Plätze eines Raumes nur die direkt von der leuchtenden Himmelsfläche auf dieselben treffenden Strahlen berücksichtigt, das von gegenüberliegenden Häusern, Wandflächen, der Zimmerdecke und von mannigfaltigen anderen Gegenständen reflektierte Licht dagegen unberücksichtigt läfst. Ganz abgesehen von der nicht geringen Schwierigkeit ihrer Ausführung, besonders bei mehrfenstrigen Räumen.

Der Cohnsche Lichtprüfer orientiert nur darüber, ob der betreffende Platz »vorzüglich« oder »gut« oder »schlecht« ist (beruht auf Herabsetzung der Lesbarkeit beigefügter Zahlentabellen durch Vorschaltung von [3 oder 2 oder 1] Rauchgläsern vor das Auge).

Aufser diesen physikalischen Methoden ist es schon seit langem von einer grofsen Reihe von Forschern angestrebt worden, die chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen als einen Mafsstab für die Lichtintensität zu benutzen.

Die ersten waren Bunsen und Roscoe, welche das Chlorknallgasphotometer schon vor einem halben Jahrhunderte zu diesem Zwecke konstruierten. Da aber die Manipulation mit Gasen zu diesem Zwecke sehr umständlich ist, gingen diese Forscher bald zu einer festen Chlorverbindung über, welche ebenfalls durch Lichtstrahlen zerlegt wird, nämlich Chlorsilber in Form eines damit imprägnierten »lichtempfindlichen« Papiers.

Der zweite Grundstein zur Ausbildung dieser chemischen Lichtmessungsmethoden war das innerhalb weiter Grenzen gültige — wieder von Bunsen und Roscoe festgestellte — Gesetz, dafs gleichen Produkten aus Beleuchtungsdauer (t_1, t_2) und chemischer Lichtintensität (J_1, J_2) gleiche Schwärzungen des lichtempfindlichen Papiers entsprechen:

$$J_1 t_1 = J_2 t_2$$

(bei gleicher Schwärzung des lichtempfindlichen Papiers!)

Zur praktischen Ausführung von Lichtmessungen auf Grund dieser Prinzipien haben sich nun die beiden Autoren erstens

einen »Normalton«, resp. »Normalschwärze« (feines inniges Gemenge von 1000 Gewichtsteilen reinen Zinkoxyds und einem Gewichtsteil reinster Rufskohle) und zweitens ein Normalpapier (Chlorsilberpapier)[1]) hergestellt. Als Mafseinheit wählten sie jene Lichtstärke, welche am Normalpapier innerhalb einer Sekunde den Normalton hervorbringt.

Weiterhin konstruierte Bunsen zum Zwecke der Exposition des Normalpapiers dem zu bestimmenden Lichte ein »Pendelphotometer«, welcher Apparat einen Streifen des Normalpapiers binnen kurzer genau mefsbarer Zeit derart zu exponieren erlaubt, dafs verschiedene Teile verschieden lange aber bestimmte Zeit exponiert werden, wodurch eine abfallende Schwärzung auf demselben entsteht. Mittels des Teiles, auf welchem der Normalton entstanden ist, wird nun auf Grund der betreffenden Expositionszeit die Lichtintensität berechnet. — Die Ausführung der Methode ist recht schwierig und umständlich, sie wurde deshalb von Roscoe selbst später noch mehrfach abgeändert und vereinfacht, so dafs der Pendelapparat nicht mehr zur Bestimmung der Expositionszeit der einzelnen Teile des Normalpapierstreifens — welche Bestimmung besonders schwierig war —, sondern nur zur Herstellung eines Normalpapierstreifens von abfallender Schwärze[2]) diente. Seine Calibrierung geschah aber empirisch: Roscoe liefs auf mehrere Normalpapierstückchen durch dieselbe Zeit bestimmte verschiedene Lichtintensitäten einwirken und suchte dann auf dem Papierstreifen mit abfallender Schwärze die entsprechenden Schwärzegrade auf, wodurch eine Skala erhalten wurde, welche eventuell durch Interpolation auch auf weitere Lichtintensitätsgrade schliefsen liefs. Nach der oben angeführten

1) Tränkung des Papiers mit 3 proz. Kochsalzlösung, Trocknen, 5 Minuten im Finstern auf 12 proz. Silbernitratlösung schwimmen lassen, Trocknen im Finstern.

2) Bedeutend einfacher läfst sich ein solcher Papierstreifen mit abfallender Schwärze herstellen durch derartige Exposition eines Streifens gegenüber einer künstlichen Lichtquelle in der Dunkelkammer, dafs das eine Ende des Streifens mehr vom Lichte entfernt ist als das andere, welches den dem Lichte nächsten Teil des Streifens bildet (siehe weiter meine Methode der Skalenherstellung).

Gleichung $J_1 t_1 = J_2 t_2$ können nun mit Hilfe dieses kalibrierten Streifens Bestimmungen unbekannter Lichtintensitäten vorgenommen werden.

Bedeutend vereinfacht wurde die Methode weiterhin von Stelling, welcher sich ebenfalls einen Normalpapierstreifen mit abfallender Schwärze mittels des Pendelphotometers herstellte, aber zum Zwecke der Graduierung kleine Streifen derselben Lichtintensität unter Variierung des anderen Faktors — der Expositionsdauer — exponierte.

In neuerer Zeit ist es Wiesner[1]) gelungen, eine noch gröfsere Vereinfachung zu erzielen. Er bedient sich eines etwa 8 × 10 cm grofsen Brettchens, welches mit schwarzem undurchsichtigem Papier überzogen ist, aus welchem Überzug aber längs einer ganzen Seite des Brettchens — etwa 1 cm vom Rande entfernt — ein 4—6 mm breiter Streifen ausgeschnitten ist. Von der Seite können unter das schwarze Papier Papierstreifen derart eingeschoben werden, dafs sie im erwähnten Ausschnitt frei zu Tage liegen. Zum Zwecke der Lichtintensitätsbestimmung wird nun in den Ausschnitt der oben beschriebene Normalton als Vergleichston und ein zweiter Streifen unveränderten Normalpapiers eingeführt, so dafs die beiden Streifen genau nebeneinander liegen und ihre Töne leicht verglichen werden können. Dann wird das Ganze dem zu messenden Lichte so lange exponiert, als das Normalpapier sich zum Normalton schwärzt. Setzen wir die dazu nötige Zeit als t an, so ist die Intensität des zu messenden Lichtes $\frac{1}{t}$.

Bei zu grofsen Lichtintensitäten würde natürlich t gar zu klein ausfallen, wodurch grofse Ablesungsfehler unvermeidlich werden würden. Deshalb hat Wiesner eine indirekte Bestimmung ausgebildet: Es wird zuerst bestimmt, in welcher Zeit eine beliebige schwache Lichtintensität 1. den Normalton und 2. einen

1) Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. LXIV, 1896. Separatabdruck: Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java).

dunkleren Ton, welcher durch das zu messende Licht in einer ziemlich langen, also gut ablesbaren Zeit am Normalpapier hervorgerufen wird, hervorbringt. Aus dieser Beziehung ist dann die fragliche Lichtintensität leicht zu berechnen. Zweitens hat Wiesner zu Messungen grofser Lichtintensitäten auch seine einfachere direkte Methode brauchbar gemacht, indem er Mehrfachnormaltöne mittels beständiger Aquarellfarben herstellte und sie kalibrierte.

Alle diese erwähnten chemischen Lichtmessungsmethoden beziehen sich aber nicht auf den leuchtenden Teil der Lichtstrahlen, da dieser auf die empfindliche Silberverbindung nur sehr schwach einwirkt; die maximale Wirkung liegt in dem blauvioletten Teile des Spektrums, und es können diese Methoden also korrekt nur auf diese sog. »chemischen« Strahlen angewendet werden.

Nur dann wären diese Methoden zur Messung des eigentlichen »Lichtes« brauchbar, wenn 1. das Verhältnis zwischen den »chemischen« und leuchtenden Strahlen in allen Lichtarten dasselbe wäre oder 2. wenn wir eine empfindliche Substanz hätten, welche auf die verschiedenen Teile des Spektrums ebenso reagieren würde wie die Netzhaut unseres Auges, welche das Maximum der Empfindlichkeit im gelben Teile des Spektrums besitzt.

Die erste Bedingung trifft bei weitem nicht zu: Die Zusammensetzung des Lichtes ist in dieser Beziehung sehr verschieden bei verschiedenen Lichtquellen.

Allerdings kann sie bei einer bestimmten Lichtart ziemlich konstant sein, wobei dann eine Lichtmessung der betreffenden Lichtart nach Kalibrierung des empfindlichen Papiers auf diese Lichtart auch in Bezug auf die leuchtenden Strahlen möglich wäre.

Diesen Weg hat Crzellitzer[1]) in Bezug auf das Auerlicht eingeschlagen und sich zu diesem Zwecke ein im wesentlichen dem Vogelschen Aktinometer entsprechendes Instrumentchen konstruiert, bei welchem Stückchen des empfindlichen Papiers

1) Archiv f. Hygiene, XXXVIII, 317 (1900).

1. direkt, 2. mit einer Lage Seidenpapier bedeckt, 3. mit zwei Lagen Seidenpapier bedeckt, 4. mit drei Lagen Seidenpapier bedeckt u. s. w. 45 Minuten exponiert werden. Ist selbst auf dem ganz unbedeckten Teile keine Reaktion zu erkennen, so bedeutet das bei dem von Crzellitzer benutzten Papier weniger als 13 Meterkerzen, Reaktion auf dem unbedeckten und eine schwächere auf dem mit einer Lage Seidenpapier bedeckten Teile bedeutet mindestens 24 Meterkerzen u. s. w.

Die im Deutschen Reiche patentierte Methode von Baurat Wingen basiert darauf, dafs die auf den zu untersuchenden Plätzen exponierten Papierstückchen mit einem solchen verglichen werden, auf welches eine Lichtintensität von 50 Meterkerzen durch dieselbe Zeit eingewirkt hat: die »blasseren Plätze« gelten als ungenügend beleuchtet. — Jedenfalls müfste bei dieser Methode das 50 Meterkerzenpapier immer mittels derselben Lichtart hergestellt werden, was beim Taglicht praktisch kaum möglich sein dürfte[1]), bei anderen Lichtarten aber aufserdem ein nicht geringes Instrumentarium (darunter ein exaktes Photometer) und nicht geringe Arbeit erfordern würde. Die Forderung von wenigstens 50 Meterkerzen dürfte als entschieden zu hoch gegriffen bezeichnet werden müssen. Ganz ähnliche Wege haben übrigens zur hygienischen Taxierung der Beleuchtung einzelner Plätze z. B. eines Schullokals auch Andere vor Wingen einzuschlagen versucht (z. B. Wolpert in Berlin), und das Grundprinzip — Kopierpapierstückchen auf verschiedenen Plätzen zu exponieren und aus der Verdunkelung auf die Belichtungsintensität zu schliefsen, — welches unbegreiflicherweise im Patentanspruch enthalten ist, dürfte als allgemein bekannt bezeichnet werden.

1) In der Anleitung zum Gebrauch des Instrumentchens heifst es, das beigefügte Normaltonvergleichspapier sei bei 50 Meterkerzen Taglicht bei hellem Tag, 11—12 Uhr, wechselnder Bewölkung (April), hergestellt worden. Wie das möglich wäre, durch eine ganze Stunde und zwar noch bei wechselnder Bewölkung am Expositionsplatze ständig genau 50 Meterkerzen (und zwar noch derselben Art Taglicht) zu haben, ist mir unbegreiflich. Es werden darüber auch leider keine Angaben gemacht. (Das Instrumentchen ist bei F. Tiessen, Breslau I, Schmiedebrücke 30 erhältlich.)

Im Weiteren werde ich übrigens bei Auseinandersetzung meiner Versuche Gelegenheit haben zu erwähnen, dafs möglicherweise auch in einem und demselben Raume, welcher von einer (primären) Lichtquelle beleuchtet wird, das Licht nicht überall in Bezug auf das Verhältnis der chemischen zu den leuchtenden Strahlen genügend gleich zusammengesetzt ist.

Die zweite Bedingung ist durch das Andresensche Papier wenn nicht erfüllt, so sicher wenigstens der Erfüllung bedeutend nähergebracht worden[1]).

Andresen ist es nämlich gelungen, das Bromsilberpapier mittels des Rhodamins *B* derart zu sensibilisieren, dafs es aufser dem alten Empfindlichkeitsmaximum in Violett noch ein starkes zweites im Gelben besitzt. Um nun nur die leuchtenden Strahlen auf das Papier einwirken zu lassen, filtriert Andresen den violetten Teil durch Auflegen einer mit Auramin gefärbten Glasplatte[2]) auf sein empfindliches Papier ab.

Dadurch, dafs das Papier aufser dem für uns brauchbaren Empfindlichkeitsmaximum auch noch das alte hat, wird die Handhabung des Papiers für die Praxis allerdings — wie mir Andresen selbst mitgeteilt hat — bedeutend erschwert.

Mir ist es nun gelungen, das Papier so herzustellen, dafs es ohne Vorschaltung eines blauviolette Strahlen absorbierenden Filters ganz an und für sich schon nur das eine Maximum im Gelben besitzt.

Ich erzielte dies dadurch, dafs ich dem Andresenschen Papier einfach das Filter einverleibt habe.

Die Herstellung ist einfach und dürfte nach dem Urteil eines Fachmannes kaum höher als diejenige der gewöhnlichen Kopierpapiere kommen:

Das photographische Rohpapier wird 5 Minuten lang in einer Auflösung von 61 g Bromkalium in 1000 g Wasser gebadet und vertikal aufgehängt und an der Luft getrocknet. Dann bei

1) Photographische Korrespondenz, 1898. (Zur Aktinometrie des Sonnenlichtes.)

2) Eigentlich ist nur eine auf der Glasplatte befindliche feine Gelatineschicht gefärbt; siehe weiter unten.

rubinrotem Lichte in der Dunkelkammer mit einer 12 proz. Silbernitratlösung während 2 Minuten behandelt und sogleich viermal je 2 Minuten in immer erneuertem Wasser ausgewässert und dann 5 Minuten in einer Lösung aus

200 ccm Wasser,

6 g Natriumnitrit,

5 ccm einer alkoholischen Lösung von Rhodamin *B* 1 : 200 gebadet und, ohne auszuwässern im Dunkeln wieder vertikal aufgehängt, getrocknet.

Bisher ist es das Andresensche Papier, welches zwei Empfindlichkeitsmaxima hat: erstens das alte im Violett und dann ein zweites im Gelb.

Ich füge nun dem Papier unmittelbar das blauviolette, Strahlen absorbierende Filter an, indem ich die empfindliche Fläche mit einer Schicht von Collodium oder Celloidin überziehe, in welchem vorher Auramin aufgelöst worden ist.

Fernerhin will ich versuchen, für besondere Zwecke Papier von höherer Empfindlichkeit und starken Kontrasten durch stärkere (z. B. doppelte) Beladung mit Bromsilber herzustellen, indem ich nach der Auswässerung das Papier im Dunkeln trocknen und dann von neuem mit Bromkali[1]) und Silbernitrat behandeln will, worauf dann die ganze Prozedur auf die beschriebene Art weiter fortgesetzt wird.

Mein Papier ist auf der empfindlichen Fläche leuchtend orangegelb und wird durch Lichteinwirkung bräunlich bis schwarzbraun; bei stärkerer Beladung mit Bromsilber werden wohl endlich fast ganz schwarze Töne noch hinzukommen.

Aufser den technischen Vorteilen meines Papiers vor dem Andresenschen — welche in Einfachheit der Handhabung (infolge des Wegfalls eines besonderen Lichtfilters) und Billigkeit[2])

1) Diesesmal natürlich schon auch im Dunkeln.

2) Andresen stellt das Auraminfilter folgender Art her (nach mündlicher Mitteilung): Ungebrauchte Bromsilber-Gelatineplatten werden in der Dunkelkammer ausfixiert, gründlich ausgewässert, getrocknet. Dann 10 Minuten unter fortwährender Bewegung der Schale in wässeriger Auraminlösung 1 : 60 gebadet und hierauf während 1 Minute in viel Wasser abgespült, dann getrocknet.

(aus demselben Grunde) bestehen —, sind zwei sachliche hervorzuheben:

Die Lichtabsorption durch die Glasplatte des Andresenschen Auraminfilters kommt in Wegfall, so dafs das Licht weniger geschwächt (nur durch die äufserst feine Collodiumschicht) zur Wirkung gelangt, wodurch also die Methode empfindlicher wird, was besonders bei schwächeren Lichtintensitäten sehr notwendig ist.

Zweitens ist der Kontrast der Töne (leuchtend orangegelb, braun, schwarzbraun) meines Papiers nach Urteil unter Anderen des Herrn Dr. Andresen[1]) selbst schärfer als bei seinem Papier (bläulichrot, violett, rötlichgrau-dunkelblau), was für die Ablesung natürlich von Vorteil ist.

Nun aber ist noch ein weiterer Umstand zu erwähnen. Unsere Netzhaut hat, wie schon erwähnt, ihr Empfindlichkeitsmaximum im gelben Teile des Spektrums, und vom Gelben klingt nach beiden Seiten die Empfindlichkeit ab (unsere Netzhaut empfindet einerseits das Orange, Rot, anderseits das Grün, Blau, Violett, aber die ultraroten und die ultravioletten Strahlen nicht mehr). Es liefse sich sicher eine Kurve konstruieren, welche dieses Abklingen graphisch darstellen würde. Es fragt sich nun, ob auch für das Andresensche und das meinige Papier die Empfindlichkeitskurve für das »Gelbmaximum« genau dieselbe wäre, denn nur dann wäre dieses Papier ein ganz genau adäquates Mafs für die Empfindungen der Netzhaut.

A priori kann man sagen, dafs es ein besonders günstiger Zufall wäre, wenn dies zutreffen würde. Eine genaue Beantwortung der Frage wird aber sehr viel experimentelle Arbeit erfordern, welche ich noch nicht Gelegenheit hatte auszuführen.

Trifft dies nicht zu, so haben wir in diesem Papier zwar sicher ein bei Weitem unvergleichlich besseres Mafs für Licht-

1) Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Andresen auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen für die aufserordentliche Bereitwilligkeit, mit welcher er mir sein Laboratorium in der photographischen Abteilung der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, dessen Leiter er ist, zur Verfügung stellte. Derselbe Dank meinerseits gebührt der Fabriksdirektion.

bestimmungen als im violettempfindlichen, aber ein ganz genaues doch noch nicht.

Es ergibt sich somit aus dem ganzen bisher Mitgeteilten, dafs wir eigentlich keine genügend korrekte und doch praktisch brauchbare Methode zur Bestimmung der Lichtverteilung ausgearbeitet haben, und doch wäre eine solche leicht ausführbare Methode sehr erwünscht, da noch sehr viele Fragen der Hygiene der Beleuchtung geschlossener Räume ihrer Lösung — welche eben nur an der Hand von Lichtverteilungsbestimmungen möglich ist — harren. Zum Beispiel die Frage des Einflusses der Anordnung und Ausführung der Lichtöffnungen (Fenster), der Strafsenbreite und Häuserhöhe, der Art des Wandanstriches, der Tageszeiten auf die Lichtverteilung im Raume.

Um nun auch mit einem nicht ganz adäquaten empfindlichen Papier Bestimmungen der Lichtverteilung vornehmen zu können, habe ich einen Weg eingeschlagen, welchen ich im folgenden beschreiben will.

Ich bin nämlich auf den Gedanken gekommen, eine Art relativer Lichtmessung mit Hilfe des lichtempfindlichen Papiers auszuarbeiten, mit deren Hilfe es möglich wäre, die Belichtungsintensitäten aller gewählten Plätze eines Raumes im Verhältnis zu einem beliebig gewählten von ihnen — z. B. zu dem dunkelsten, zu dem lichtesten, oder zur Lichtintensität vor dem Fenster im Freien — für einen und denselben Zeitabschnitt zu bestimmen.

Dadurch eliminiert man nämlich — wie ich anfangs der Anschauung war, vollständig — die Verschiedenartigkeit (in Bezug auf das Verhältnis der chemischen[1]) und der optischen Strahlen) der je verglichenen zwei Lichtintensitäten. Man hat kurz gesagt **in jedem Falle** — wie ich meinte — **das exakt adäquate Vergleichsobjekt, Licht desselben Ursprungs.**

---

1) Bei meinem Papier ist natürlich das chemische Maximum im Gelben, bei den gewöhnlichen Papieren im Violetten, beim Andresenschen Papier ist fast das ganze Spektrum »chemisch wirkend«.

(Die Art der Eruierung des Verhältnisses der beiden je verglichenen gleichartigen Lichtintensitäten aus den beiden exponierten Papierstückchen wird weiter unten geschildert werden.)

(Genauere Auseinandersetzung der Brauchbarkeit dieser meiner relativen Photometrie zu hygienischen Zwecken will ich am Ende dieser Arbeit anfügen.)

Allerdings hat sich mir aber das gewöhnliche photographische Kopierpapier zu genauen Messungen auch mit dieser Methode als ungeeignet erwiesen, und ich bin zur Überzeugung gekommen, dafs bei der weiteren Ausarbeitung dieser Methode ein Papier anzuwenden ist, welches auf denselben Teil des Spektrums empfindlich wie die menschliche Netzhaut, möglichst »netzhautadäquat« im vorher besprochenen Sinne ist. Da es nun gelungen ist, solches oder wenigstens dem sehr nahes Papier herzustellen, dürfte diese Methode auch zu genauen Messungen anwendbar werden.

Mit dem gewöhnlichen Celloidinpapier habe ich zuweilen recht genaue, in anderen Fällen aber ziemlich abweichende Werte (sogar um 20 bis 30 %) bekommen.

Ich will nun im folgenden meine mit dem gewöhnlichen Celloidinpapier Pensée gemachten Erfahrungen kurz beschreiben, da ich wegen mehrmonatlicher Abwesenheit die Experimente unterbrechen mufste.

Nachher will ich diese Studien mit meinem netzhautartig empfindlichen Kopierpapier fortsetzen.

Das Prinzip der Methode beruht darauf, dafs, wenn ein Stück photographisches Kopierpapier einer Beleuchtungskraft 1, ein zweites Stück desselben Papiers einer Beleuchtungskraft desselben Lichtes, aber von der Intensität 2 während desselben Zeitabschnitts ausgesetzt wird, die beiden Papiere je einen bestimmten dunkleren Ton bekommen. Das Verhältnis der Dunkelheit beider Papiere entspricht in einer bestimmten Art dem Verhältnis der Beleuchtungsintensitäten.

Die Beziehung dieser beiden Verhältnisse ist aber keineswegs so einfach wie sie erwartet werden könnte: Es entspricht nämlich einer doppelten Beleuchtungsintensität nicht eine doppelte Dunkel-

heit (an der Lichtabsorption durch die dunkel gewordene Substanz unter Ausschlufs der Absorption durch das Papier selbst gemessen), sondern eine geringere; es entsprach z. B. nach meinen Messungen einer vierfachen Beleuchtungsintensität eine nur 2,2 fache Dunkelheit.

Da also eine einfache mathematische Beziehung zwischen der Beleuchtungskraft und der durch dieselbe hervorgerufenen Verdunkelung des Papiers nicht besteht, so mufste ich mir einen empirischen Mafsstab dieser Beziehung verschaffen.

Dies wurde dadurch erreicht, dafs ein Stück photographisches Kopierpapier z. B. in 12 gleiche kleine Stücke zerschnitten wurde (je $2 \times 4,5$ cm), von welchen jedes längs der kürzeren Seiten mittels gummierten Papierstreifchens auf ein in der Mikroskopie gebräuchliches Objektträgerglas aufgeklebt (die empfindliche Seite vom Glase abgewendet). Diese, mit dem Kopierpapier armierten Objektträger wurden dann in einer innen mattschwarz angestrichenen Holzkiste mittels in den Boden derselben in entsprechenden Entfernungen eingestochener Stecknadeln so aufgestellt, dafs sie von einer Lichtquelle, z. B. 15, 17, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 34, 37, 40, 43 cm entfernt waren und die Lichtstrahlen senkrecht auf ihre dem Lichte zugewendete empfindliche Fläche auffielen.

Die auf die Richtung der Lichtstrahlen genau senkrechte Einstellung der Papierblättchen ist leicht dadurch zu erreichen, dafs man diejenige Lage des betreffenden Objektträgers aufsucht, bei welcher das Kopierpapier dem durch die Flamme der Lichtquelle dasselbe betrachtenden Auge glänzend erscheint, ein Beweis, dafs die auffallenden Lichtstrahlen auf demselben Wege, auf welchem sie zum Papier gekommen sind, wieder reflektiert werden, was eben nur bei senkrechter Einfallsrichtung geschieht.

Alle diese Arbeiten — höchstens die genaue senkrechte Einstellung der Papierblättchen auf die Strahlrichtung kann bei schwachem Licht eine Ausnahme bilden — werden in der Dunkelkammer bei rotem Licht vorgenommen, um eine vorzeitige Lichtwirkung auf das Papier zu vermeiden.

Hierauf läfst man das Licht auf die Papiere so lange einwirken, bis das demselben nächste Papier intensiv braun erscheint;

die anderen sind begreiflicherweise — da die Intensität des Lichtes im quadratischen Verhältnisse der Entfernung abnimmt — je weiter vom Lichte desto blasser. Diese Einwirkung wird zum Beispiel bei Benutzung des gewöhnlichen Celloidinpapiers und einer gewöhnlichen Gasschnittflamme in einigen 12 Stunden erreicht. — Die eventuellen Schwankungen des Lichtes, mögen sie auch sehr grofs sein, haben auf die Richtigkeit des Resultates keinen Einflufs, da sie für alle Papiere in derselben Weise zustande kommen; das Entscheidende dabei ist nur das Verhältnis der Entfernungen von der Lichtquelle.

Auf diese einfache Art bekommt man eine Skala, deren jede Stufe mit der die Entfernung des betreffenden Papierstückes vom Lichte (resp. Lichtcentrum) in Centimetern[1]) möglichst genau bezeichnenden Zahl versehen wird.

Wollen wir nun mittels dieser Skala das Verhältnis der Beleuchtungsintensität zweier Plätze bestimmen, welche von einer und derselben Lichtart beleuchtet werden, so hat man auf diesen

1) Man verfährt am besten so, dafs man die Entfernungen der einzelnen Papierstücke im voraus nur ungefähr bestimmt wählt und erst nach genauer Einstellung (senkrecht auf die Richtung der Lichtstrahlen) mittels des Centimetermafses sie genau ermittelt. Bei der Gasschnittflamme und Acetylenflamme empfiehlt sich folgendes einfaches Verfahren zur genauen Bestimmung der einzelnen Entfernungen: Es wird ein längerer dünner Glasstab mit dem einen Ende bis knapp an das betreffende Papierstückchen so genähert, dafs der Glasstab gleichzeitig ungefähr die Mitte der leuchtenden Flammenfläche passiert. In dieser Position wird das Glasstäbchen einige Augenblicke gehalten, so dafs die Flamme auf demselben Rufs absetzt. Die Entfernung des Rufsringes vom Ende ist dann die gesuchte Distanz, welche dann mittels des Centimetermafses abgelesen wird. Am meisten zu empfehlen ist aber, sich auf ein wagerechtes, ebenes Brettchen, welches am Rande einen halbkreisförmigen Ausschnitt von etwa 1 cm Durchmesser besitzt, in welchen die (am besten kurz kegelförmige) Flamme (das Ende des Rohres des leuchtenden Bunsenbrenners) immer eingestellt wird, im Bogen eine Anzahl von der Lichtquelle (dem Ausschnitt) verschieden entfernter vierkantiger Holzpflöckchen — mit einer Fläche genau senkrecht auf den betreffenden vom Ausschnitt ausgehenden Radius — aufzukleben. Jedes Pflöckchen wird mit zwei Drahtreifchen — einem nahe dem oberen, einem nahe dem unteren Ende des Pflöckchens — versehen, unter welche bei Anfertigung der Skala das Kopierpapierstückchen eingeschoben wird. Das Brettchen wird samt den Pflöckchen mattschwarz gestrichen und die Entfernung jedes Pflöckchens vom Mittelpunkte des Ausschnittes ein für allemal festgestellt.

Plätzen je einen kleinen Streifen desselben Kopierpapiers, aus welchem die Skala hergestellt ist, so lange gleichzeitig zu exponieren, bis eine ziemlich intensive Bräunung des stärker belichteten und eine nicht zu blasse Verfärbung des schwächer belichteten Papieres erfolgt ist. Diese Töne müssen innerhalb der Tonintensitäten der Skala bleiben; gut ist es, sich eine dunklere (längere Exposition) und eine zweite hellere Skala (kürzere Exposition) zu bereiten. Es ist aber leicht begreiflich, dafs die gar zu dunklen (schwarzbraunen), sowie auch die gar zu blassen (rosa) Töne zu vermeiden sind, da dann die Unterschiede weniger scharf erkannt werden können.

Hat man nun die beiden zu vergleichenden Papierstücke in den passenden Intensitäten, so verfährt man nun folgender Art weiter: Die Papierstücke werden, ihrer Bräunung entsprechend, in die Skala eingereiht und die auf dieselben entfallenden Zahlen notiert.

Es hat sich mir am besten das folgende Verfahren bei der Einreihung in die Skala bewährt: Die einzelnen Papierstückchen der Skala werden mit ihren Enden in entsprechend angeordnete Schlitze eines festeren Papierblattes eingesteckt, so dafs die Enden an der Hinterseite des Papiers hervorragen, der mittlere Hauptteil aber auf der Vorderseite zu Tage liegt. Über jedem Papierstückchen wird die Zahl aufgeschrieben, welche seine Entfernung in Centimetern vom Lichte bei der Anfertigung der Skala ausdrückt. — Der einzureihende Papierstreifen wird zuerst grob durch flüchtige Vergleichung mit den einzelnen Skalastufen eingereiht und dann folgender Art fein eingestellt: er wird auf einen der ihm nahestehenden Skalapapiere aufgelegt, so dafs das — bedeutend gröfsere — Skalapapier rund herum unter demselben hervorragt. Hat der verglichene Papierstreifen genau denselben Ton wie das Skalapapier, so verfliefst er mit dem Tone des letzteren, so dafs er für das Auge von dem Skalapapier nicht unterscheidbar ist. Sonst bildet er in dem Felde des Skalapapiers einen mehr oder weniger helleren oder dunkleren Fleck, in welchem Falle man dann dieselbe Vergleichung mit dem benachbarten dunkleren resp. helleren »Skalagrade« vornimmt, bis man entweder findet, dafs das Papierstückchen dem

Tone nach mit einem Skalagrade genau übereinstimmt, oder dafs sein Ton zwischen zwei Skalagraden liegt. Zur scharfen Erkennung des richtigen Verhältnisses ist es nötig, die beiden aufeinander liegenden Papiere dabei durch eine aufgedrückte Glastafel zu betrachten, wodurch eine genauere Abschätzung ermöglicht wird, da die beiden Papiere nur dann genau aneinander aufgedrückt und die eventuellen Unebenheiten der verglichenen Papierstücke, welche Täuschungen hervorrufen könnten, behoben werden können. Am einfachsten bedient man sich dazu eines reinen Objektträgerglases auf dessen einem Ende man ein Stückchen Glasstab oder Glasröhre senkrecht auf die Fläche des Objektträgers mittels dicken Canadabalsams aufkittet, wodurch die Glasplatte eine gute Handhabe bekommt, so dafs man an den Skalapapieren nicht (beim Heben u. s. w. der Glasplatte) mit den Fingern herumgreifen mufs.

Aus naheliegenden Gründen müssen natürlich alle Manipulationen mit den Skalen und den exponierten, zu vergleichenden Papierstreifchen in dem chemisch unwirksamen roten Lichte — in der Dunkelkammer oder nachts — vorgenommen werden, um eine nachträgliche Lichtwirkung auszuschliefsen. Es empfiehlt sich nicht, die Papiere zu vergolden und zu fixieren, um die erreichten Intensitäten zu fixieren, lichtfest zu machen. Es wäre zwar weit einfacher, wenn man bei beliebigem Lichte zu arbeiten vermöchte, aber es gehen bei der Fixierung feinere Nuancen bekanntlich verloren, und es könnten so bei den mannigfaltigen chemischen Eingriffen, welche dabei vor sich gehen, Verschiebungen der ursprünglichen Tonverhältnisse eintreten.

Ich bin aber damit beschäftigt, die Herstellung lichtfester Skalen auszuarbeiten, mit welchen man dann die Ablesungen im schwachen gewöhnlichen Lichte vornehmen könnte.

Hat man nun die beiden Papierstreifen genau in die Skala eingestellt, so erfolgt dann die Berechnung:

Sagen wir, dafs wir die Zahlen 23, 39 bekommen haben. In diesem Falle kann man annehmen, dafs das auf den dunkleren Platz auffallende Licht im Vergleich mit dem auf den helleren Platz auffallenden in demselben Verhältnis (stärker zerstreut, also:)

schwächer war, wie es bei der Herstellung der Skala das auf den 39 cm von der Lichtquelle entfernten Kopierpapierstreifen auffallende Licht im Verhältnis zu dem auf den blofs 23 cm entfernten Kopierpapierstreifen auffallenden Lichte war.

Diese Annahme dürfte ziemlich klar erscheinen und läfst sich auch aus dem oben erwähnten Bunsen-Roscoeschen Gesetze $J_1 t_1 = J_2 t_2$ herleiten. Ihre Richtigkeit kann aber auch leicht durch das Experiment bewiesen werden. In diesem Experimente können wir die schon oben erwähnten zwei Skalen — die hellere und die dunklere — sehr gut benutzen.

Wählen wir aus der helleren Skala zwei Papiere, deren Töne noch innerhalb des Bereiches der dunkleren Skala liegen, z. B. dasjenige, welches 15 cm und ein anderes, welches 26 cm weit von der Lichtquelle exponiert war, und reihen sie in die dunklere Skala ein, so finden wir, dafs sie hier mit den Entfernungen 23 und 40 übereinstimmen. Fragen wir nun, welches Verhältnis der Beleuchtungsintensitäten diesen Zahlen entspricht, so finden wir, dafs es[1]) im ersten Falle das Verhältnis

$$26^2 : 15^2 = 676 : 225 = 3{,}0 : 1,$$

im zweiten Falle

$$40^2 : 23^2 = 1600 : 529 = 3{,}0 : 1 \text{ ist.}$$

Ein anderes Beispiel:

Die Papiere 15, 22 der helleren Skala stimmen mit den Entfernungen 23, 34 der dunkleren Skala überein; wir bekommen also die Verhältnisse

$$22^2 : 15^2 = 484 : 225 = 2{,}2 : 1$$

$$34^2 : 23^2 = 1156 : 529 = 2{,}2 : 1 \text{ u. s. w.}$$

Was besagen uns diese Zahlen weiter? Um dies zu verstehen, müssen wir uns vergegenwärtigen, wie die beiden Skalen — die hellere und die dunklere — entstanden sind. Beide sind durch Exposition einer Serie von Kopierpapierstückchen der Einwirkung desselben Lichtes in denselben steigenden Entfernungen entstanden, aber der Unterschied lag in der verschiedenen Länge

1) Nach dem Gesetze, dafs die Beleuchtungsintensität mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportional ist.

der Expositionszeit. Infolgedessen blieb es bei der kürzer exponierten Skala bei lichteren Tönen, während die länger exponierte aus dunkleren Tönen besteht, und es entsprechen somit die Töne zweier in verschiedenen Entfernungen exponierten Papiere der helleren Skala, den Tönen der der Entfernung vom Lichte nach entsprechenden Papierstückchen der dunkleren Skala der Dunkelheit nach nicht, sondern die ersteren sind heller. Wir müssen also ihnen gleichgetonte in der dunkleren Skala in gröfseren Entfernungen vom Lichte suchen: Und dabei finden wir, was allerdings bei reifer Überlegung schon a priori zu erwarten war, dafs sie solchen Entfernungen in der dunkleren Skala entsprechen, deren Quadrate den zweiten Potenzen der ersteren proportional sind.

Mit anderen Worten gesagt: Wirken auf photographisches Kopierpapier zwei verschieden abgestufte Intensitäten desselben Lichtes eine bestimmte Zeit ein, und im zweiten Falle zwei schwächere, aber zu einander in demselben Verhältnis stehende Intensitäten desselben Lichtes, so stellt sich im zweiten Falle nach einiger (längeren als im ersten Falle) Zeit genau dieselbe Verdunkelung der Kopierpapierstückchen ein. Und wenn wir das Gesagte umkehren, so sind wir zur Grundidee meiner Methode gelangt: Bringen zwei Intensitäten desselben Lichtes auf dem Kopierpapier in einer beliebigen Zeit bei gleichzeitiger Einwirkung dieselbe Verdunkelung hervor, wie zwei andere in bekanntem Verhältnis stehende Intensitäten desselben Lichtes im Verlaufe einer beliebigen anderen Zeit, so ist das Verhältnis der ersteren demjenigen der letzteren gleich, und da wir das letztere kennen, also auch bekannt.

Um nun dieses Faktum methodisch zur Messung der Verhältnisse von unbekannten Beleuchtungsintensitäten benutzen zu können, brauchen wir uns nur eine Sammlung von Stückchen desselben Kopierpapiers herzustellen, welche verschiedenen zu einander in bekanntem Verhältnisse stehenden Intensitäten desselben Lichtes alle dieselbe Zeit exponiert waren. Die Abstufung der auf einzelne Papierstückchen einwirkenden Lichtintensitäten geschieht

einfach durch Exposition der Papierstücke in verschiedenen, aber genau festgestellten Entfernungen von der Lichtquelle (wobei natürlich auch der Einfallswinkel bei allen derselbe sein mufs, am einfachsten 90°; siehe die Methode der Herstellung der Skala).

Nachdem wir somit die gemachte Annahme (Seite 246, letzter Absatz) als richtig erwiesen haben, gehen wir nunmehr zur Fortsetzung der Berechnung, über welche wir unterbrochen haben.

Da wir gefunden haben, dafs die exponierten Papierstreifen mit den Zahlen 23 und 39 der Skala übereinstimmen, so können wir unmittelbar nach dem eben Dargelegten sagen, dafs die auf die exponierten Papierstreifen einwirkenden Lichtintensitäten in demselben Verhältnis zu einander gestanden sind wie die Lichtintensitäten, welche bei der Herstellung der Skala auf die 23 und 39 cm vom Lichte entfernten Skalapapiere auffielen. Und dieses Verhältnis war somit, dem Gesetze von der der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportionalen Abnahme der Lichtintensität gemäfs:

$$39^2 : 23^2 = 1521 : 529 = 2{,}9 : 1$$

oder einfachere Berechnungsweise:

$$39^2 : 23^2 = \left(\frac{39}{23}\right)^2 : 1^2 = 1{,}7^2 : 1 = 2{,}9 ; 1.$$

Bezüglich der Herstellung der Skala ist noch ein wichtiger Umstand zu erwähnen.

Es bietet sich nämlich die Frage, ob und inwieweit es nötig ist, für Untersuchungen mit verschiedenen Lichtarten die nötige Skala immer mittels desselben Lichtes herzustellen, welches eben studiert wird.

Diese Frage erscheint deshalb berechtigt, weil es z. B. a priori nicht auszuschliefsen ist, dafs die auf die empfindliche Substanz des Kopierpapiers einwirkenden Strahlen bei verschiedenen Lichtarten in folgender für unsere Frage wichtigen Art voneinander abweichen könnten: Es könnten nämlich diese wirksamen Strahlen bei der einen Lichtart durch die gebräunte Substanz des Kopierpapiers stärker, bei der anderen schwächer absorbiert werden, was in dem ersteren Falle ein schneller, im zweiten ein langsamer

fortschreitendes Dunkelwerden bedingen würde. Infolgedessen wäre die Skala der einen Lichtart zur Messung der anderen im Allgemeinen nicht verwendbar.

Man könnte zwar darauf im Allgemeinen antworten: es kann also einfach immer die Skala mittels des eben zu untersuchenden Lichtes hergestellt werden. Aber diese Frage ist — abgesehen von dem theoretischen Interesse — auch in der Beziehung von praktischer Wichtigkeit, dafs es nicht bei allen Lichtarten gleich leicht und einfach ist, die Skala herzustellen. Besonders bei der Anfertigung der Sonnenlichtskala besteht in der Hinsicht Schwierigkeit — im Vergleich zu der grofsen Einfachheit bei den künstlichen Lichtquellen — dafs die Sonnenstrahlen — die direkten — praktisch parellel sind, also unter unseren irdischen Verhältnissen das Gesetz von der Abnahme der Lichtintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle uns in diesem Falle nichts hilft. Hier mufs ein leuchtender Punkt, von welchem divergierende Sonnenstrahlen ausgehen, erst geschaffen werden, was durch Sammlung der Strahlen durch eine Kollektivlinse zu bewirken ist, deren Brennpunkt dann den leuchtenden Punkt darstellt. In den Strahlenkegel hinter dem Brennpunkt werden dann die Kopierpapierstückchen senkrecht auf die Richtung der auffallenden Strahlen in bestimmten Entfernungen vom Brennpunkte aufgestellt. Ziemlich einfach läfst sich ein Apparat zu diesem Zwecke aus einer Schachtel, in deren eine Wand man den Tubus eines Mikroskopokulars mit der unteren Linse einläfst, herstellen. Auf dem Boden der Schachtel zeichnet man sich die seitliche Projektion des von der Linse gebildeten Strahlenkegels auf und steckt die Kopierpapierstreifen in ausgespannte Doppelfäden, in welche ihre beiden Enden eingeklemmt werden, in entsprechenden Lagen fest. Der Apparat wird dann den direkten Sonnenstrahlen (nicht dem diffusen Tageslicht) so exponiert, dafs die Richtung der Sonnenstrahlen derjenigen der optischen Achse der Linse eine parallele ist. Aufserdem wird durch kurzes Öffnen des Apparates von der Seite zeitweise kontrolliert, ob die Papierstreifen von dem Strahlenkegel richtig getroffen werden. Eine zweite Schwierigkeit bei der Anfertigung der Sonnenlichtskala

besteht darin, dafs sich die Richtung der Strahlen wegen der Bewegung der Sonne am Himmelsgewölbe langsam verändert, bei genauer Arbeit müfste der oben beschriebene Apparat zur Anfertigung der Sonnenskala an einer Vorrichtung befestigt werden, welche der Veränderung der Richtung der Sonnenstrahlen genau folgen würde (Heliostatt). Bei Benutzung eines empfindlichen Kopierpapieres und ungedämpftem Licht kommt diese Schwierigkeit allerdings nur sehr wenig in Betracht, da eine Exposition von einer Minute oder sogar von Bruchteilen derselben bei starker Insolation (im Sommer) hinreichen kann. Bei längerer notwendiger Expositionszeit kann man sich auch dadurch helfen, dafs man in kurzen Intervallen mittels eigener Hand den Apparat je nach der veränderten Richtung der Sonnenstrahlen verstellt.

Es zeigte sich nun bei meinem daraufhin gerichteten Untersuchungen, dafs in der That in der erwähnten Richtung fühlbare Unterschiede zwischen den einzelnen mittels verschiedener Lichtarten hergestellten Skalen bestehen: so z. B. zwischen der Gaslicht- und Auergaslichtskala. Es entsprachen Entfernungen der beiden Skalen einander wie folgt:

Auerlichtskala	Gaslichtskala
21	16
22,5	17
26	20
27,5	21
31	23,5
33	24,5
35,5	26
37,5	27,5
41	30
42,5	31.

Greifen wir daraus einige Verhältnisse heraus:

Auerlichtskala	entsprechendes Verhältnis der Gaslichtskala
$21^2 : 33^2 = 441 : 1089 = 1 : 2,5$	$16^2 : 24,5^2 = 256 : 600 = 1 : 2,4$
$26^2 : 41^2 = 676 : 1681 = 1 : 2,5$	$20^2 : 30^2 = 400 : 900 = 1 : 2,3$
$21^2 : 41^2 = 441 : 1681 = 1 : 3,8$	$16^2 : 30^2 = 256 : 900 = 1 : 3,5$

u. s. w.

Die identischen Belichtungsverhältnisse dieser beiden Skalen entsprechen also einander nicht genau, sondern beim Auerlicht sind die Quotienten etwas gröfser.

(Dadurch will ich allerdings nicht sagen, dafs diese Beziehung zwischen diesen zwei Lichtarten in derselben Art in jedem Falle besteht. Im Gegenteil, ich habe gesehen, dafs sogar die veränderte Form der Flamme — Schmetterlingflamme, einfache kegelförmige leuchtende Gasflamme — den Charakter der Skala beeinflufst (wahrscheinlich wegen veränderter Verbrennungsverhältnisse — Ähnliches gilt auch für andere Lichtarten).

Ebenso zeigte die Sonnenlichtskala bedeutende Abweichung von der Kohlengaslichtskala:

Es wurden drei Kopierpapierstreifen in den Entfernungen 24, 36,4, 48,0 vom Brennpunkte der Linse in dem oben beschriebenen Apparate dem direkten Sonnenlicht exponiert.

Die Belichtungsintensitäten der einzelnen Papierstreifen waren somit nach dem mehrmals citierten Gesetze in folgenden Verhältnissen:

Platz III : Pl. II $= 36{,}4^2 : 48{,}0^2 = 9{,}1^2 : 12{,}0^2 = 82{,}8 : 144 = 1 : 1{,}74$
» II : » I $= 24^2 : 36{,}4^2 = 6^2 : 9{,}1^2 = 360 : 828 = 1 : 2{,}30$
» III : » I $= 24^2 : 48^2 = 1^2 : 2^2 = 1 : 4{,}00$

In die Kohlengaslichtskala eingereiht, ergaben die Papierstreifen folgende Werte:

$$I = 20{,}5,\ II = 30,\ III = 39{,}5.$$

Daraus bekommen wir nachfolgende Verhältnisse:

III : II $= 30^2 : 39{,}5^2 = 90 : 156 = 1 : 1{,}73$
II : I $= 20{,}5^2 : 30^2 = 42 : 90 = 1 : 2{,}14$
III : II $= 20{,}5^2 : 39{,}5^2 = 42 : 156 = 1 : 3{,}71.$

Der Vergleich mit den oberen Verhältniszahlen zeigt, dafs auch die Sonnenskalagrade in ähnlicher Weise von den Gaslichtskalagraden abwichen, wie diejenigen der Auerlichtskala: Die Quotienten sind gröfser.

Eine auffallend genaue Übereinstimmung zeigten die mittels des (Kohlen-)Gaslichtes und des Acetylenlichtes hergestellten Skalen

Acetylenlichtskala	Gaslichtskala
60	60
50	50
40	40
30	30
20	21.

(Hier stimmen auch die absoluten Zahlen zufällig überein — da zufällig die Töne gleich intensiv geworden sind — es ist somit nicht mehr nötig, noch die Verhältnisse besonders zu berechnen: sie sind kurz für beide identisch, bis auf die kleine Abweichung 21).

Im allgemeinen ist es also nötig, um genau arbeiten zu können, zur Arbeit mit einer bestimmten Lichtart sich die Skalen eigens mittels desselben Lichtes — und selbstverständlich auf demselben Kopierpapier, welches auch für die weiteren Versuche verwendet wird, herzustellen, oder sich eine Skala in Bezug auf die einzelnen zu untersuchenden Lichtarten — für jede Lichtart besonders zu graduieren. Denn der Farbencharakter der Skalen ist bei allen vier von mir untersuchten Lichtarten (gewöhnl. Kohlengaslicht eines Schnittbrenners, Kohlengasauerlicht, Acetylengaslicht, Sonnenlicht), wenigstens in dem roten, chemisch unwirksamen Lichte, in welchem eben die Einreihung in die Skalen erfolgt, absolut identisch; es bestehen nur Unterschiede in Bezug auf die Intensität der Verdunkelung.

Aus dem bisher Angeführten folgt, dafs diese Methode einen sehr einfachen und guten Behelf zur Messung der Lichtverteilung in einem Raume bieten würde, welcher überall von einem Lichte derselben Zusammensetzung und nur verschiedener Intensität beleuchtet wäre. Nun hat es sich aber gezeigt, wie schon oben erwähnt, dafs die mit dem gewöhnlichen Kopierpapier erhaltenen Resultate nicht — wenigstens nicht immer — mit den Ergebnissen der Untersuchung mit dem Weberschen Milchglasphotometer stimmen.

Die Ursache kann darin liegen, dafs eben an die verschiedenen Plätze Licht verschiedener Zusammensetzung auffällt, welche Verschiedenheit durch die Reflexion und Absorption verschiedener Teile des Spektrums an verschiedenfarbigen Flächen herbeigeführt werden kann.

Eine andere Möglichkeit wäre aufserdem eine nicht genügende Gleichmäfsigkeit (in Qualität oder Dicke) der empfindlichen Schichte des photographischen Kopierpapiers.

Durch weitere Studien will ich diese Sachen klazulegen versuchen. Nur um die Methodik etwas zu veranschaulichen, will ich hier einige mit dem gewöhnlichen, blauviolettempfindlichen Kopierpapier ausgeführte vergleichende Bestimmungen — mittels meiner Methode und mittels des Weberschen Milchglasphotometers — anführen, bei welchen die mittels beider Methoden erhaltenen Resultate stimmten:

1. Ich habe eine Feststellung der Verhältnisse der Lichtverteilung einer Acetylenlampe 1. mit dem Weberschen Photometer und 2. mittels meiner Methode vorgenommen: Die Acetylenlampe wurde in der Dunkelkammer ($2 \times 2{,}5 \times 5$ m) auf einem Tisch bei der Wand aufgestellt. Auf dem Tisch wurden drei quadratische Stücke desselben weifsen Papiers (1 dm, 2 dm, 3 dm von der Lampe entfernt) gelegt und in der Mitte jeden Papierstückes ein kleiner Kopierpapierstreifen placiert und mit je einer aus demselben Stücke geschnittenen Glasplatte bedeckt, um es platt zu drücken. Gleich daneben wurde das Webersche Photometer (auf seinem hellgelb gestrichenen Holzkasten montiert) mit seinen glänzenden Metallteilen und verschiedene andere Sachen (auf einer Seite eine rote Schachtel) aufgestellt, um möglichst viele Reflexionen des Lichtes zu bewirken.[1]) Aufserdem war in unmittelbarer Nähe die gelbbraun gestrichene Fensterlade, eine weifs gestrichene Wand und übrigens alle Wände und Gegenstände waren in der Kammer wegen ihrer geringen Aus-

1) Das Webersche Photometer wurde gleich anfangs schon ganz in der zur photometrischen Messung nötigen Lage aufgestellt, um dann bei der Ausführung der photometrischen Bestimmung nicht neue, vorher nicht vorhanden gewesene Reflexionsverhältnisse einzuführen.

dehnung nicht weit vom Tische, so dafs da so viele und mannigfaltige Reflexionsgelegenheiten vorhanden waren, wie sie in der Praxis nur selten in reicherem Mafse vorkommen dürften.

Nachdem die Kopierpapiere genügend gebräunt waren, wurde nach meiner Methode die Bestimmung des Verhältnisses der Belichtungsintensitäten der drei Kopierpapiere ausgeführt. Es ergab sich das Verhältnis

Kopierpapier I : Kop. II = 2,4 : 1
Kop. II : Kop. III = 2,3 : 1
Kop. I : Kop. III = 5,3 : 1.

Hiernach wurde die Beleuchtungsintensität in der Mitte jener quadratischen Papierstücke, wo die Kopierpapierstreifen gelegen waren, mittels des Weberschen Photometers bestimmt. Es ergaben sich für

Platz I 146 Meterkerzen
» II 65 »
» III 28 »

woraus sich folgende Verhältnisse ergeben:

Platz I : Platz II = 2,3 : 1
Platz II : Platz III = 2,3 : 1
Platz I : Platz III = 5,2 : 1.

2. Ein zweites Beispiel, mit gewöhnlicher Gaslichtbeleuchtung:

In einem kleineren Laboratorium (7 × 5 × 5 m) wurden am 17. Dezember 1901 um $5\frac{1}{2}$ Uhr abends nach eingetretener Finsternis fünf Gasflammen (Schnittbrenner) angezündet, die Vorhänge in den zwei Fenstern herabgelassen und an einem in der Mitte des Raumes stehenden Tische auf dieselbe Art wie bei dem vorigen Versuche vier Kopierpapierstückchen auf vier verschiedenen Plätzen (I, II, III, IV) während der ganzen Nacht exponiert. Knapp vor Anfang der Exposition wurden die Belichtungsintensitäten der vier Plätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt und daraus die Proportionen der Belichtungsintensitäten berechnet. Am 18. früh wurden dann nach beendigter Exposition die Belichtungsintensitätsverhältnisse nach meiner Methode an der Hand der exponierten Papierstückchen berechnet.

Die Bestimmung mittels des Weberschen Photometers ergab folgende Resultate:

Belichtungsintensitäten der einzelnen Plätze in Meterkerzen:

{ I = 9,3	{ III = 13,3	{ I = 9,0
{ II = 13,3	{ IV = 8,0	{ IV = 7,9
{ II = 13,3	{ I = 9,3	{ II = 12,1
{ III = 13,3	{ III = 12,5	{ IV = 7,7

(Es mufs hier bemerkt werden, dafs es zu solchen Zwecken nicht genügt, einfach die Belichtungsintensitäten der betreffenden Plätze hintereinander festzustellen und die erhaltenen Zahlen dann in Proportionen zusammenzustellen, da dabei zwischen der Bestimmung I und IV eine bedeutend längere Zeit verfliefst als zwischen I und II, und infolgedessen bei den immer vorhandenen, für das Photometer ganz deutlich fühlbaren Lichtschwankungen im ersten Falle eine Möglichkeit gröfserer Fehler, als im zweiten Falle vorhanden ist. Um genauer vorzugehen, mufs man für alle Paarcombinationen der zu vergleichenden Plätze die Bestimmungen eigens vornehmen, wie es die eben angeführte Tafel zeigt. Sie zeigt zugleich, dafs diese Vorsichtsmafsregel ganz berechtigt ist: Obwohl alle diese zwölf Bestimmungen binnen etwa einer Viertelstunde ausgeführt worden sind, zeigen sich doch nicht unbedeutende Schwankungen:

I	zeigt	die	Werte	9,3	9,3	9,0
II	»	»	»	13,3	13,3	12,1
III	»	»	»	13,3	13,3	12,5
IV	»	»	»	8,0	7,9	7,7.)

Stellen wir aus diesen Zahlen jetzt die Proportionen zusammen, so erhalten wir folgende Werte:

I : II = 9,3 : 13,3 = 1 : 1,43
II : III = 13,3 : 13,3 = 1 : 1,00
III : IV = 13,3 : 8,0 = 1 : 0,60
I : III = 9,3 : 12,5 = 1 : 1,34
I : IV = 9,0 : 7,9 = 1 : 0,88
II : IV = 12,1 : 7,7 = 1 : 0,64

Die Bestimmung mittels meiner Methode ergab nun Folgendes:

I = 37 cm (Skalagrad)
II = 31 » »
III = 31 » »
IV = 40 » »

Daraus bekommen wir die Proportionen:

$$I : II = 31^2 : 37^2 = 961 : 1369 = 1 : 1.43$$
$$II : III = 31^2 : 31^2 = 961 : 961 = 1 : 1,00$$
$$III : IV = 40^2 : 31^2 = 1600 : 961 = 1 : 0,60$$
$$I : III = 31^2 : 37^2 = 961 : 1369 = 1 : 1,43$$
$$I : IV = 40^2 : 37^2 = 1600 : 1369 = 1 : 0,86$$
$$II : IV = 40^2 : 31^2 = 1600 : 961 = 1 : 0,60.$$

3. Ein drittes Experiment habe ich mit dem Auerlicht gemacht: In der kleinen Dunkelkammer (2 × 2,5 × 5 m), welche von zwei Auergaslampen hell beleuchtet war, wurden an einem Tische 3 Kopierpapierstreifen auf die vorher beschriebene Art exponiert und aufserdem die Belichtungsintensität der drei Expositionsplätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt (alles genau so ausgeführt wie bei dem vorigen Versuche mit gewöhnlicher Gasbeleuchtung).

Die Bestimmung mittels des Weberschen Photometers ergab folgende Resultate:

Belichtungsintensitäten der einzelnen Plätze in Meterkerzen

I = 74	II = 43	I = 62
II = 43	III = 23	III = 22.

Daraus resultieren folgende Verhältnisse:

I : II = 74 : 43 = 1 : 0,58
II : III = 43 : 23 = 1 : 0,53
I : III = 62 : 22 = 1 : 0,35.

Die Bestimmung mittels meiner Methode ergab nun Folgendes:

I : II = 810 : 484 = 1 : 0,59
II : III = 1480 : 810 = 1 : 0,55
I : III = 1480 : 484 = 1 : 0,33.

4. Ferner sei hier ein viertes Experiment mit dem Tageslicht angeführt.

An einem sehr stark nebligen Tage (20. Dezember 1901, + 2° C.) wurden an drei Plätzen im Laboratorium Kopierpapierstreifen wie bei den vorigen Experimenten von $9^1/_2$ bis $11^3/_4$ Uhr exponiert. Um 11 Uhr wurde die Belichtungsintensität der Plätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt.

Dann wurden die Verhältnisse der Belichtungsintensitäten einerseits nach der Weberschen, anderseits nach meiner (an der Hand der exponierten Kopierpapierstreifen) Methode berechnet:

	Webersche Methode	meine Methode
Platz III : II	1 : 1,40	1 : 1,40
» II : I	1 : 1,86	1 : 1,84
» III : I	1 : 2,59	1 : 2,58

5. An einem mittelklaren Tage (20. Januar 1902) — gegen Mittag erschien zeitweise auch direktes Sonnenlicht — wurden von 7 Uhr 45 Minuten früh an zwei Plätzen eines Laboratoriums jede halbe Stunde bis 12 Uhr 20 Minuten die Belichtungsintensitäten mittels des Weber'schen Milchglasphotometers bestimmt und aufserdem das rote Licht des II. Platzes ununterbrochen im Photometer beobachtet und die Schwankungen notiert. Die berechneten Werte (für die durch die halbstündigen Intervalle voneinander getrennten Momente) wurden in ein Diagramm eingetragen (Beobachtungszeit als Abscisse, Belichtungsintensität als Ordinate) und durch die Punkte Kurven[1]) geführt, deren Verlauf noch zwischen den einzelnen genau festgestellten Punkten nach den für das rote Licht des II. Platzes ununterbrochen abgelesenen Werten dirigiert wurde.

Hierauf wurde erstens die Fläche berechnet, welche zwischen der I. Kurve und der Abscissenlinie und zweitens die Fläche, welche zwischen der II. Kurve und der Abscissenlinie eingeschlossen war. Das Verhältnis der beiden Flächen bedeutet gleichzeitig das Verhältnis der Belichtungsintensitäten der beiden

1) Selbstverständlich zwei Kurven, die eine für den I. Platz, die andere für den II. Platz.

Plätze während der Versuchsdauer (7 Uhr 45 Minuten bis 12 Uhr 20 Minuten). Es ergab sich

$$2773 : 1425 = 1,95 : 1.$$

Gleichzeitig wurde nun das Verhältnis der Belichtungsintensitäten dieser zwei Plätze nach meiner Methode für dieselbe Zeitperiode bestimmt. Es ergab sich

Platz	I	22
„	II	32,5;

also das Verhältnis der Belichtungsintensitäten:

$$\text{Platz I} : \text{Platz II} = 32{,}5^2 : 22^2 = 1056 : 484 = 2{,}18 : 1.$$

Es zeigte sich also zwischen den Resultaten meiner Methode und der Ermittelung mittels des Photometers eine Differenz, welche einige, 10—15 % ausmacht.

Ein Teil dieser Differenz kommt sicher auf Rechnung der eben besprochenen Ungenauigkeiten der Messung mit dem gewöhnlichen Kopierpapier; es kann hier aber auch die ungenügend genaue Verfolgung der Lichtschwankungen mittels des Photometers Schuld tragen. Es ist — kurz gesagt — mit beiden Methoden eine Ungenauigkeit bei solchen Bestimmungen verbunden, und es ist mir nicht möglich abzuschätzen, bei welchem Verfahren sie gröſser ist. Nur der sichere Unterschied besteht da, daſs die nur einigermaſsen genaue Berechnung mittels des Photometers — besonders für mehrere Plätze — physisch in der Praxis kaum ausführbar, mittels meiner Methode aber mit sehr geringer Arbeit verbunden ist.[1])

Die Anwendung eines auf die leuchtenden Strahlen netzhautadäquat empfindlichen Kopierpapieres[2]) anstatt des gewöhnlichen wird diese Ungenauigkeit meiner Methode beseitigen.

1) Zur Ablesung der photometrischen Werte war bei dem eben beschriebenen Versuche der ganze Vormittag und zur Berechnung dann der ganze Nachmittag intensiver Beschäftigung nötig; die Bestimmung mittels meiner Methode — auch die Herstellung der Skala, welche den gröſseren Teil der Arbeit bildet, und für weitere Untersuchungen bleibt, eingerechnet — erheischte höchstens 2—3 Stunden Arbeit (die Bestimmung selbst aber — Exponieren der Papierstücke, Einreihen in die Skala und Berechnung — höchstens $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde).

2) Genaueres siehe auch noch weiter unten.

Was die Anwendung der eben beschriebenen Methode anbelangt, so würde sie bei Verwendung eines »netzhautadäquat empfindlichen Kopierpapiers« eine ganz genaue Methode zur Bestimmung der Lichtverteilung auf einzelne Arbeitsplätze in Schulzimmern, Zeichensälen u. s. w. sein, wobei sie aufser der bedeutenden Zeit- und Arbeitsersparnis noch den recht bedeutenden sachlichen Vorteil bieten würde, dafs der schädigende Einflufs der zeitlichen Intensitätsschwankungen des Lichtes ausgeschlossen wird, da die Verhältniszahlen alle für genau dieselbe Periode gewonnen werden, und dafs sie ferner unmittelbar Durchschnittswerte für beliebige Zeitperioden bieten.

Die das Taglicht betreffenden Fragen (Einflufs der Fensteranordnung u. s. w., der Strafsenbreite, Stockwerkshöhe, der Höhe gegenüberliegender Häuser, des Wandanstrichs, der Stellung der Sonne u. s. w. auf die Lichtverteilung) könnten aufserdem mittels dieser Methode auch ganz genau an Zimmer, Häusermodellen studiert werden.

Dafs mittels des genau netzhautadäquat empfindlichen Papiers Skalen hergestellt werden können, welche absoluten Lichtintensitäten entsprechen und mit denselben absolute Lichtintensitäten gemessen werden können, ist klar. Es wären dann auf den fraglichen Plätzen Stückchen des Kopierpapiers solange zu exponieren, wie es die Skalapapiere waren.

Der Umstand, dafs die gewonnenen Verhältniszahlen immer für einen längeren Zeitintervall gelten — da das Licht in den meisten Fällen wenigstens einige Minuten einwirken mufs, um genügende Reaktion des Kopierpapiers hervorzurufen — und nicht für einen Augenblick, also immer Durchschnittswerte bedeuten, dürfte keinen Mangel dieser Methode bedingen, da solche Durchschnittswerte für Stunden, Tage für die Hygiene wichtiger sind, als momentane Werte.

Durch Anwendung besonders empfindlicher Papiere kann man übrigens die nötige Expositionszeit bedeutend abkürzen.

Photographische Platten haben sich mir zu diesem Zwecke nicht bewährt, da man kein Mittel hat, die Entwicklung der Platte so zu regulieren, dafs das Verhältnis der Töne richtig fixiert wird.

Bei Anwendung des netzhautartig empfindlichen Papiers wird die Methode auch zur Feststellung des Verhältnisses der (z. B. durchschnittlichen täglichen) Belichtungsintensitäten verschiedener Punkte der Erdoberfläche gute Dienste leisten. Zu diesem Zwecke würde es hinreichen, Stückchen desselben Kopierpapiers z. B. den ganzen Tag über auf den zu untersuchenden Punkten der Erdoberfläche zu exponieren (wobei das Licht auf eine einfache, allen Belichtungsintensitäten Rechnung tragende Art abgedämpft würde) und die denselben entsprechenden Verhältniszahlen nach einer Skala zu berechnen. Ebenso könnten natürlich mittels dieser Methode die auf einzelne aufeinander folgende Zeitperioden (z. B. Tage) am selben Punkte der Erdoberfläche entfallenden Belichtungsintensitäten verglichen werden.[1])

Will man das durchschnittliche Belichtungsverhältnis zweier Plätze für eine längere Zeitperiode bestimmen, so empfiehlt es sich, die Kopierpapierstreifen durch eine einfache Vorrichtung bei stufenweise abgedämpftem Lichte zu exponieren, da bei einer gewissen Intensität des Lichtes am stärker belichteten Platze schon vor Beendigung der Exposition die maximale Bräunung eintreten könnte, so dafs die Töne der beiden Papiere nicht das richtige Verhältnis angeben würden. Die Abdämpfungsvorrichtung besteht aus einem Streifen so zusammengelegten Pauspapieres, dafs ein Teil eine einfache, ein zweiter eine zweifache, ein dritter z. B. eine vierfache, ein vierter eine sechsfache, ein fünfter eine zehnfache u. s. w. Schicht des Pauspapieres darstellt. Dieses auf die beschriebene Art zusammengelegte Pauspapierstück wird auf das Kopierpapierstückchen so aufgedrückt, dafs an einem Ende des Kopierpapierstreifens ein Stück desselben unbedeckt bleibt, der folgende Teil ist mit einer Schicht des Pauspapiers bedeckt, der dritte mit zwei Schichten u. s. w. Auf die einzelnen Teile der Abdämpfungsvorrichtung schreibt man vorher dick die Zahl, welche die Anzahl der den betreffenden

1) H. v. Schrötter gibt in der Monatsschrift für Gesundheitspflege, 1902, S. 94, auch Anregung zu Messungen von Lichtintensitäten zu meteorologischen Zwecken mittels empfindlichen Papiers. Mit den violettempfindlichen Papieren wird da aber nichts Genaueres zu erreichen sein.

Teil bildenden Pauspapierschichten ausdrückt, so dafs das einwirkende Licht auf den betreffenden Teil des Kopierpapierstreifens die Anzahl der auf demselben befindlichen Pauspapierschichten selbst aufschreibt. Ist nun das »ungedämpfte« Kopierpapierstück gar zu stark gebräunt, so ist wenigstens einer von den abgedämpften Teilen des Kopierpapierstreifens auf beiden verglichenen Plätzen mäfsig gebräunt, und es können z. B. die mit 1 bezeichneten Teile beider Kopierpapierstücke (von den beiden Plätzen) zum Vergleich verwendet werden; wenn diese noch zu dunkel sind, so übergeht man zu 2 u. s. w. Immer müssen aber natürlich gleich abgedämpfte Stücke verglichen werden.

Dafs eine gleiche Abdämpfung an beiden Plätzen an der Richtigkeit der Berechnung und ihres Resultates nicht viel ändert, ist schon zwar a priori zu erwarten. Ich habe mich aber auch davon durch Experimente mit Kohlengasflamme und Taglicht überzeugt: Nimmt man zur Berechnung des Belichtungsverhältnisses Kopierpapierteile, welche gar nicht »abgedämpft« waren, so ist das Resultat dasselbe, wie wenn man durch 1, 2, 4, 6 u. s. w. Schichten Pauspapieres »abgedämpfte« Teile dazu benutzt. Nur bei Vergleich bedeutend abweichender Lichtarten wären bedeutendere Abweichungen zu erwarten.

Betreffs der Bedeutung der oben erörterten relativ photometrischen Untersuchungen, ihrer Vorteile und Nachteile, will ich Folgendes hervorheben.

Ich wurde bei der Ausarbeitung meiner relativ photometrischen Methode von der Idee geleitet, die Verschiedenartigkeit der Vergleichseinheit und des zu messenden Lichtes in Bezug auf die Zusammensetzung aus verschiedenen Arten von Lichtstrahlen auszuschalten.

Ich stellte mir vor, dafs in einem Raume, welcher von derselben Lichtquelle oder von mehreren Lichtquellen derselben Art beleuchtet wird, überall die gleiche Qualität des Lichtes im oben erwähnten Sinne herrscht, und dafs somit auch dem ganz unadäquaten, violettempfindlichen, gewöhnlichen Kopierpapier ein Intensitätsverhältnis zweier Plätze genau gleich wie der Netzhaut »erscheinen« wird.

Es scheint nun, wie schon oben erwähnt wurde, dafs die obige Vorstellung nicht dem wahren Sachverhalt entspricht, wobei dann ein Lichtreagens je weniger adäquat desto grössere Abweichungen bedingen mufs.

Immerhin wird aber der Vergleich mit einem von derselben Lichtquelle sein Licht beziehenden Platze — relative Photometrie — im Allgemeinen wohl kleinere Fehler bedingen als ein Vergleich mit einer im Allgemeinen differenten Lichtart, wie er bei der absoluten Photometrie mittels empfindlicher Papiere in der Praxis kaum zu umgehen ist.

Je näher natürlich das verwendete Papier der genau netzhautadäquaten Empfindlichkeit ist, desto vollkommener wird die bei der relativen Photometrie zustande kommende teilweise Ausschaltung des durch die verschiedenartige Zusammensetzung der beiden verglichenen Lichtintensitäten bedingten Fehlers.

Eine zweite Idee, welche mich zur relativen Photometrie geführt hat, war die, dafs die hygienische Beurteilung der Taglichtbeleuchtung von Wohn-, Schul-, Arbeitsräumen in der Praxis wegen der sehr grofsen Schwankungen der Intensität des Taglichtes überaus grofse Schwierigkeiten macht, und, selbst bei Vorhandensein einer praktisch brauchbaren Methode, zur Bestimmung der absoluten Lichtverteilung machen würde.

Wenn man die Bestimmung heute vornimmt, so bekommt man ganz andere Werte als morgen u. s. w. Auch der Rat, sich an düstere Tage zu halten, ist sehr wenig fruchtbringend, da können noch sehr grofse Unterschiede vorkommen, denn ein Tag kann sehr düster, der andere weniger düster sein. Aufserdem ist es nicht immer sehr leicht möglich, vielleicht mehrere Wochen oder sogar Monate, einen passenden Tag abzuwarten.

Es wäre unbedingt erwünscht, hier einen festeren Mafsstab zu bekommen.

Ich baue nun auf folgenden Gedankengang:

Die Belichtungsintensität jedes Platzes wird durch zwei Faktoren bedingt: 1. Durch die Intensität der Lichtquelle und 2. durch die räumlichen Verhältnisse des Platzes selbst, welche in Bezug auf das Licht die verschiedenen Lichtabblendungs- und

Reflexionsgegenstände (Mauern, Fensterrahmen, Möbel u. s. w.) darstellen.

Es ist nicht undenkbar, — mir erscheint es sogar wahrscheinlich —, dafs bei diffusem Licht im Freien (bei gleichmäfsig bedecktem Himmel) die ein für allemal gegebenen Abblendungs- und Reflexionsverhältnisse es bedingen, dafs von der Intensität des Lichtes im Freien immer derselbe bestimmte Teil auf den betreffenden Platz auffällt, so dafs möglicherweise bei diffusem Licht im Freien[1]) die Belichtung eines jeden Platzes durch einen Bruch charakterisiert werden kann, welcher anzeigt, der wievielte Teil der im Freien herrschenden Lichtintensität auf den betreffenden Platz auffällt. Bei dieser Methode würde man, wie ich glaube, — Experimente müssen dies natürlich entscheiden — von dem Grade der Düsterheit des Tages unabhängig werden.

Eine weitere Frage ist aber: Was haben wir für die hygienische Beurteilung gewonnen, wenn wir z. B. wissen, dafs auf diesen Platz unter oben beschriebenen Bedingungen $^1/_{10}$ von der Lichtintensität im Freien auffällt. Wir müssen ja danach streben, zu erfahren wieviel Meterkerzen absoluter Lichtintensität der Platz unter den ungünstigsten in Betracht kommenden Verhältnissen erhält.

Die relative Angabe soll nun eben das Mittel dazu sein.

Es ist nämlich leicht, ein für allemal zu ermitteln, wieviel Meterkerzen etwa unter den ungünstigsten in Betracht kommenden Verhältnissen in dem betreffenden Lande u. s. w. das Taglicht im Freien hat, und auf diese Zahl müssen dann die oben besprochenen relativen Angaben bezogen werden, um die mafsgebende absolute Zahl heraus zu bekommen.

Oder wir können die Sache auch ein wenig verkehren, was an einem bestimmten Beispiel am besten gezeigt werden kann:

Nehmen wir die absolute Mindestforderung für einen Arbeitsplatz (Schreiben, Lesen) 20 Meterkerzen Gesamtintensität an und

---

1) Um die Fälle, wo direktes Sonnenlicht herrscht, brauchen wir uns bei der hygienischen Beurteilung nicht so viel zu kümmern, die sind die günstigsten.

fernerhin die ermittelte geringste noch in Betracht kommende[1]) Intensität des Lichtes im Freien als 300 Meterkerzen, so ergibt sich die Formel: ein Platz mufs bei diffusem Licht im Freien wenigstens $^1/_{15}$ der Intensität des Lichtes im Freien besitzen.

Aber wenn sich auch meine relative Lichtmessung an sich selbst als für die Praxis unbrauchbar oder unnötig erweisen sollte, so dürfte sie doch als Mittel zur Ermittelung der absoluten Werte sehr gute Dienste leisten.

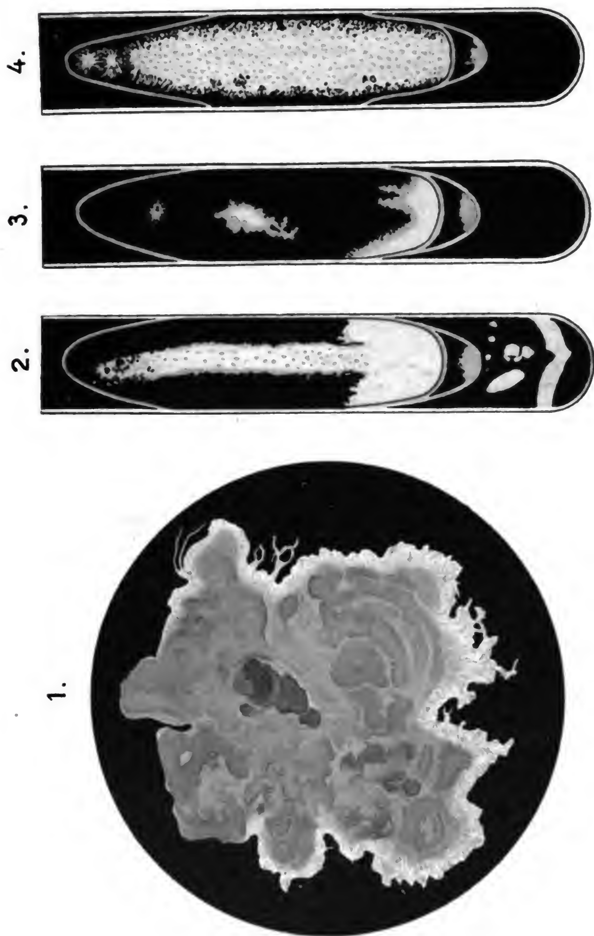
Denn — wie schon erwähnt wurde — haben wir bisher eigentlich gar kein für die Praxis genügend geeignetes Mittel, um an vielen Plätzen gleichzeitig Lichtbestimmungen vorzunehmen.

Auch das Andresensche Papier dürfte dazu mit vollständiger Genauigkeit nicht sicher geeignet sein, da man z. B. bei Untersuchung von 50 Plätzen auch 50 genau gleich gearbeitete blauviolett ultraviolettes Licht absorbierende Filter haben müfste, und aufserdem ist das Papier auch bei Vorschaltung des Filters nicht genau netzhautadäquat empfindlich, da es das blauviolette Ende des Spektrums nicht »sieht«, welches für die Netzhaut sichtbar ist. Dieser letzte Grund gilt ebenso natürlich auch für mein Papier.

Durch Kombination aber einer Bestimmung der relativen Lichtverteilung in einem Raume mittels meines Papiers, mit einer Bestimmung des absoluten Wertes mittels eines Photometers an einem Platze (natürlich als Mittel aus mehreren Ablesungen während der ganzen Expositionszeit) kann man dann die absoluten, der ganzen Expositionszeit entsprechenden Durchschnittswerte für alle Plätze durch einfache Berechnung herausbekommen.

Aber selbst dann, wenn sich die relative Lichtbestimmung aus dem Grunde theoretisch als unnötig erweisen sollte, dafs mein Papier als praktisch genügend netzhautadäquat empfindlich

1) Nämlich in der Arbeitszeit (in welcher bei Taglicht gearbeitet wird) vorkommende geringste Intensität; seltene Ausnahmen besonders grofser Dunkelheit, wie bei Gewittern u. s. w., können da natürlich nicht in Betracht kommen.



Verlag von R. Oldenbourg in München.

Zur Physiologie der Sporenbildung der Bacillen, nebst Bemerkungen zum Wachstum einiger Anaëroben.

Von

Dr. med. et phil. **Teïsi Matzuschita**
aus Nippon.

(Aus dem botanischen Institut der Universität Halle a/S.)

(Mit Tafel I und II.)

Einleitung.

Die gewöhnliche Vermehrung der Bakterien besteht in der Zweiteilung der Zellen und der darauf folgenden Spaltung. Aufserdem ist vielen Spaltpilzen, vornehmlich den Stäbchenbakterien, auch eine Fortpflanzung durch Sporenbildung eigen.

Die Sporen sind morphologisch bestimmte charakterisierte Dauerzustände, die von Perty[1]) zuerst gesehen, von Pasteur[2]) und Billroth[3]) in ihrer Bedeutung gewürdigt und von F. Cohn[4]) in ihren Haupteigenschaften beschrieben worden sind. Cohn schreibt über die Sporenbildung beim Bacillus subtilis: »In ihrem homogenen Inhalt treten stark lichtbrechende Körperchen auf; aus jedem dieser Körperchen entsteht eine oblonge oder kurz cylindrische, starke, lichtbrechende, dunkel kontourierte Spore; in den Fäden findet man daher die Sporen in einfachen Reihen geordnet. Die Sporen sind jedoch fähig, in frischen Nährlösungen zur vegetativen Wuchsform wieder auszukeimen.«

1) Perty, Zur Kenntnis kleinster Lebensformen, 1852, S. 181.

2) Pasteur, S. Hueppe, Formen der Bakterien, 1886. S. 113.

3) Billroth, Vegetationsformen von Kokkobacteria Septica, Berlin 1874.

4) Cohn, Beitrag zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, S. 263. 1876

Die Bildung der Sporen erfolgt immer endogen, d. h. im Leibe der Bakterienzelle, aber in verschiedener Weise: der gewöhnliche Modus ist der, dafs an einem Punkte des Stäbchens ein glänzendes Körnchen auftritt, das sich allmählich vergröfsert und schliefslich zur Gröfse der Spore heranwächst. Oder es treten mehrere Körnchen auf, die zuletzt zu der Sporenanlage verschmelzen oder endlich bildet sich in der Zelle ein Körper, der die Gröfse der künftigen Spore hat, aber zuerst blafs ist und erst allmählich den Glanz derselben erreicht.

Nach der Ausbildung der Spore hört gewöhnlich die Mutterzelle zu leben auf; sie ist nur noch ein leerer Schlauch, der zerfällt und die Spore frei läfst. Kam die Sporenbildung an der Oberfläche von Flüssigkeiten in einer Haut zu stande, so sinken die Sporen als weifses Pulver zu Boden (Brefeld[1]). Klein[2]) hat dagegen beobachtet, dafs die Mutterzelle nach Bildung der fertigen Spore noch eine Zeitlang ihre Lebenskraft behält.

Durch sehr beträchtliche Widerstandsfähigkeit gegen Schädlichkeiten (Hitze, Trockenheit, Chemikalien) ausgezeichnet, stellen die Sporen so eine Dauerform dar, welche der Erhaltung der Art dient.

Die Bedingungen, unter denen die Sporen entstehen, sind bisher nur bei einigen aëroben Bakterien von verschiedenen Forschern untersucht worden.

In der folgenden Arbeit handelt es sich um die endogene Sporenbildung der Bakterien, besonders der Anaëroben.

Mein eigentliches Thema wird in folgenden Abschnitten behandelt:

I. Die Methode der Untersuchung.
II. Das Wachstum einiger Anaëroben auf Schrägagar und Plattenkultur.
III. Die entscheidende Veranlassung der Sporenbildung.
IV. Die allgemeinen Bedingungen der Sporenbildung.
V. Zusammenfassung.

---

1) Brefeld, Bacillus subtilis, Untersuchungen über Schimmelpilze, IV, 1881.

2) Klein, Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. VII, S. 440.

I. Die Methode der Untersuchung.

Ich gliedere den Inhalt des Abschnittes in folgende Kapitel:

A. Die Züchtung der Anaëroben.

B. Die Bestimmung der Sauerstoffmenge.

C. Der Nachweis der Sporen.

D. Die Zubereitung der Nährböden.

A. Die Züchtung der Anaëroben.

Pasteur gebührt das Verdienst, die anaëroben Mikroorganismen entdeckt zu haben. Im Jahre 1861 machte er bekannt, dafs bei der Milchfermentation die Buttersäure durch Einwirkung des Butterferments entstehe, eines lebenden Wesens, das sich bewege und sich auf die gleiche Weise wie die Vibrionen fortpflanze. Die Eigenschaften, ohne freien Sauerstoff leben zu können und als Ferment zu wirken, zeichnen nach Pasteur den Vibrio der Buttersäuregärung vor allen anderen niederen Wesen des Pflanzen- und Tierreiches aus. Die anaëroben Mikroorganismen sind darin den aëroben ganz ähnlich, dafs sie der gleichen Elemente für den Aufbau ihrer Zellen bedürfen; aber sie unterscheiden sich von ihnen dadurch, dafs sie im allgemeinen nicht des freien Sauerstoffes für ihr Leben bedürfen; soweit er für die Ernährung notwendig ist, beziehen sie ihn aus sauerstoffhaltigen Verbindungen.

Bei seinen Kulturen anaërober Mikroorganismen in flüssigen Nährböden, aus denen er mit Hilfe einer Quecksilberpumpe die Luft entfernte, konnte er die verschiedenen Species weder isolieren, noch ihren Charakter studieren.

Reine Kulturen von Anaëroben konnte man erst erzielen, nachdem Koch in die bakteriologische Technik Kulturmethoden mit Hilfe solider und durchsichtiger Nährböden eingeführt hatte. Liborius[1]) war der Erste, welcher beim Studium der Anaëroben die von Koch eingeführten Kulturmethoden angewendet hat. Er schreibt: »Die Isolierung erfolgte durch Züchtung in festen

1) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, S. 115.

Nährsubstraten, die in hohe und breite Schälchen eingegossen waren, und durch nachfolgende Zerlegung der massiven Klötze von Nährgelatine oder Nähragar, oder durch Kultivierung in niedrigen, aber in mit Wasserstoff erfüllten Apparaten aufbewahrten Schälchen.

Obgleich später Gruber[1]), Fraenkel[2]), Lüderitz[3]) etc. über die anaëroben Mikroorganismen Arbeiten veröffentlicht haben, ist ein weiterer Fortschritt erst durch die Arbeiten Kitasatos[4]), welcher den Tetanusbacillus und Rauschbrandbacillus rein kultiviert hat, zu verzeichnen.

Viele Methoden sind für die Untersuchung der Anaëroben erdacht worden, aber die bisher angestellten Kulturversuche erstreckten sich meist auf die Herstellung von Gelatine-, Agar-, Bouillonhöhenschicht- und Plattenkulturen, und so konnten lange Zeit auf Kartoffeln oder schrägem Agar Kulturversuche nicht gemacht werden.

Nachdem Penzo[5]) zuerst den Bacillus des malignen Ödems auf schräg erstarrtem Agar in Wasserstoffatmosphäre gezüchtet hatte, beobachtete W. Voteller[6]) das Wachstum des Bacillus des malignen Ödems, des Rauschbrandbacillus, des Bacillus Tetanus und Bacillus pseudotetanus Tavel auf schräg erstarrtem Agar und schlofs daraus, dafs die Kultur der pathogenen obligaten Anaëroben auf Schrägagar absolut sicher nur in vollständig sauerstofffreiem Medium gelingt.

---

1) Gruber, Eine Methode der Kultur anaërobischer Bakterien, nebst Bemerkungen zur Morphologie der Buttersäuregärung. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. I, S. 367.

2) Fraenkel, Über die Kultur anaërober Mikroorganismen. Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. III, S. 735—763.

3) Lüderitz, Zur Kenntnis der anaëroben Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. V, S. 141.

4) Kitasato, Über den Tetanusbacillus. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VII, S. 223.

5) Penzo, Beitrag zum Studium der biologischen Verhältnisse der Bacillen des malignen Ödems. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. X, S. 822.

6) Votteler, Über die Differentialdiagnose der pathogenen Anaëroben durch die Kultur auf Schrägagar und durch ihre Geifseln. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 480.

Für die Anaërobenkultur wurden im Laufe der Zeit zahlreiche, mehr oder weniger komplizierte Verfahren bekannt gegeben, die mit geringen Ausnahmen alle auf der Herstellung eines sauerstofffreien Mediums beruhen, was man durch die verschiedenartigsten Manipulationen zu erreichen gesucht hat und zwar:

1. Durch Hemmung des Luftzutrittes.
2. Durch Zusatz von reduzierenden Substanzen zu den Nährböden.
3. Durch Absorption des Sauerstoffes durch alkalische Pyrogallollösung.
4. Durch Auspumpen der Luft.
5. Durch Verdrängen der Luft durch Gase.
6. Durch Mischkultur mit Aëroben (Anwesenheit von Luft).

1. Hemmung des Luftzutrittes.

Diese Methode beruht darauf, den Zutritt des Luftsauerstoffes zum Nährboden auszuschliefsen oder wenigstens in hohem Grade zu erschweren. Dieser Zweck läfst sich auf die folgenden Weisen erreichen:

a) Durch die sog. Höhenschichtung.

Die Höhenschichtkultur des Agars wurde von Hesse[1]) eingeführt und von Liborius[2]) später noch vervollkommnet. Diese Kulturmethode ist wohl die heutzutage am meisten gebräuchliche und einfachste und wird mit gutem Erfolg angewandt.

Aufserdem wandte man Bouillonhöhenschichtkultur (von Kitt[3]), Kartoffelstichkultur (von Gaffky[4]) und Eierkultur (von Hueppe) an, um Anaëroben zu züchten.

---

1) Hesse, Über Züchtung der Bacillen des malignen Ödems. Deutsche Med. Wochenschrift, Bd. XI, Nr. 14, S. 214, 1885.

2) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. I, S. 115.

3) Kitt, Die Züchtung des Rauschbrandbacillus bei Luftzutritt. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XVII, S. 168.

4) Gaffky, Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. I.

b) Durch Aufschichtung von Substanzen, die Sauerstoff schwer durchlassen.

Schon 1861 verfiel Pasteur darauf, den Kulturboden mit einer Ölschicht zu bedecken, und diese Methode wurde später von Liborius u. a. angewandt. Später benutzten verschiedene Forscher zum Bedecken der Agarhöhenschichtkultur statt der Ölschicht noch eine weitere Schicht von Gelatine oder Agar (Jensen und Sand[1]) oder Paraffin (Babes und Puscarin[2]), Kasparecke[3]) u. a.)

Die Anwendung von Glimmerplättchen für Gelatineplatten wurde von Koch 1884 vorgeschlagen, allein Liborius wies nach, dafs dies bei obligaten anaëroben Bakterien wenig oder gar nicht vorteilhaft sei. Statt der Glimmerplättchen verwandte später Sanfelice[4]) sterilisierte Glasplatten, Liborius[5]) eine 1,5 cm tiefe Extraschicht von Agar. Letzterer erreichte auf diese Weise die Züchtung von Bacillen des malignen Ödems, was ihm vorher bei Benutzung von Wasserstoff nicht gelungen war.

Die Rollkulturmethode wurde zur Erlangung von Kolonien anaërober Bakterien von Esmarch empfohlen. Zu diesem Zwecke werden Gelatine oder Agar eingeimpft und die Verdünnung wie gewöhnlich bewerkstelligt. Der Nährboden wird dann auf der Innenseite der Röhre in einer dünnen Schicht zum Erstarren gebracht, und nach Erkaltung wird die Röhre mit flüssiger Gelatine oder Agar gefüllt.

Roux[6]) verwandte ausgezogene Glasröhren, welche mit Gelatine gefüllt wurden. Nach der Impfung werden sie an den Enden zugeschmolzen.

1) Jensen und Sand, Über malignes Ödem beim Pferde. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. I, S. 265.

2) Babes und Puscarin, Versuche über Tetanus. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 74.

3) Kasparecke, Ein einfacher Luftabschlufs flüssiger Nährböden beim Kultivieren anaërober Bakterien. Centralbl. f. Bakteriologie, Bd. XX, S. 536.

4) Sanfelice, Untersuchungen über anaërobe Mikroorganismen. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XIV, S. 339.

5) Liborius, Beiträge zur Frage von dem Wachstum der anaëroben Bakterien in festen Substraten. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. V S. 713.

6) Roux, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. II, S. 327.

2. **Zusatz von reducierenden Substanzen zum Nährboden.**

Liborius[1]) entdeckte den fördernden Einflufs des Zuckers auf das Wachstum der Anaëroben. Auch Smith[2]) und Babes und Puscarin[3]) wiesen nach, dafs ein Zuckerzusatz zum Nährboden von Vorteil, in manchen Fällen sogar unbedingt notwendig ist. Novy[4]) und Braatz[5]) sahen im Thermostaten in flüssiger 10 proz. Gelatine und 2proz. Traubenzucker die Anaëroben in tiefer und mittlerer Schicht stets und in 2 proz. Gelatinebouillon mit gleichem Traubenzuckerzusatz wenigstens den Bacillus des malignen Ödems und den Rauschbrandbacillus meist wachsen.

Nach Kitasato und Weyl[6]) ist es die reduzierende Wirkung des Zuckers, welche die Anaëroben befähigt, sich zu vermehren, obwohl beide Autoren in einer Anmerkung zugeben, dafs der Zucker vielleicht auch als Nährsubstanz dienen kann. Von ersterem Gesichtspunkte ausgehend, prüften sie das Wachstum der Anaëroben bei Zusatz von reduzierenden Substanzen zum Nährboden und fanden, dafs gewisse Substanzen, wie salzsaures Hydroxylamin, salzsaures Phenylhydrazin u. s. w. entwicklungshemmend einwirken, andere dagegen, wie Resorcin, Hydrochinon, Pyrogallol, ameisensaures Natron, indigo-schwefelsaures Natron u. s. w. wachstumfördernd.

Nakagawa schreibt in seinen »Vorlesungen über das Studium der Infektionskrankheiten« (Japanisch: Densenbyo kenkyu kōgi) Bd. I, dafs bei gewöhnlichen Nährböden die Zugabe von 1—2% Traubenzucker, 4—5% Glycerin, 0,1% Pyrogallussäure, 0,1% Hydrochinon und 0,1% Eikonogen sehr begün-

1) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. I, S. 115.

2) Smith, Über die Bedeutung des Zuckers in Kulturmedien bei Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. 18, S. 1.

3) Babes und Puscarin, s. o.

4) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. 14, S. 597.

5) Braatz, Einiges über die Anaërobiose. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XVII, S. 737.

6) Kitasato und Weyl, Zur Kenntnis der Anaëroben. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 41.

stigend auf das Wachstum der Anaëroben, besonders des Tetanusbacillus gewirkt haben soll.

Ferner fand Novy[1]) einen Zusatz von Lackmus, wie er zuerst von Buchner[2]) empfohlen wurde, zum Nährboden für Anaëroben als geeignet.

3. Absorption des Sauerstoffes durch alkalisches Pyrogallol.

Alle auf diesem Prinzip basierten Verfahren gehen von der Thatsache aus, dafs eine alkalische Pyrogallollösung begierig Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Diese Methode wurde zum ersten Male von Nencki[3]) zum Beweise der Existenz anaërober Organismen verwendet. Eine praktische Anwendung wurde jedoch erst von Buchner gemacht. Er brachte die Kulturröhre in eine gröfsere, oben mit einem Kautschukpfropfen verschlossene Glasröhre, auf deren Boden sich eine gröfsere Menge alkalischer Pyrogallollösung befand zur Absorption des vorhandenen Sauerstoffes. Auf ähnliche Weise wenden Liborius[4]), Babes und Puscarin, Novy[5]), Zettnow[6]), Lubinski[7]) u. a. ebenfalls die Buchnersche Methode an.

Niciforoff[8]) und Braatz[9]) nutzten diese Eigenschaft des Pyrogollals für die Kultur der Anaëroben im hängenden Tropfen aus.

---

1) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XIV, S. 581.

2) Buchner, Eine neue Methode zur Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. IV, S. 149.

3) Nencki, Die Anaërobiosefrage. Archiv für gesamte Physiologie, Bd. XXXIII, S. 1.

4) Liborius, Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. V, S. 713.

5) Novy, Die Plattenkultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, S. 566.

6) Zettnow, Ein Apparat zur Kultur anaërober Bacillen. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XV. S. 538.

7) Lubinski, Zur Methodik der Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, S. 20.

8) Niciforoff, Ein Beitrag zu den Kulturmethoden der Anaëroben. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VIII, S. 489.

9) Braatz, Eine neue Vorrichtung zur Kultur von Anaëroben in hängenden Tropfen. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 520.

Zur Gewinnung von Plattenkulturen konstruierten Trambusti[1]) und Arens[2]) einen besonderen Apparat, indem sie den Boden eines Exsiccators mit Quarzsand und Pyrogallussäure bestreuten und sodann 10 proz. Kalilauge daraufgossen.

4. Auspumpen der Luft.

Seit Pasteur, Joubert und Chamberland das Prinzip der Vacuumkultur angewandt hatten, empfahl Gruber[3]) folgendes Verfahren. Man verwendet grofse Reagenzgläser mit verengten Hälsen. Nach der Impfung wird die Röhre mit einer Luftpumpe oder einem Aspirator verbunden und schliefslich in der Flamme eines Bunsenbrenners oder einer Gebläslampe zugeschmolzen. Sodann breitet man die Gelatine nach Esmarch aus.

Tizzoni, Cattani und Baquis[4]) nehmen die Züchtung von Tetanusbacillus auf Gelatine-, Agar- und Blutserumplattenkulturen unter einer Glocke im Vacuum vor.

Penzo[5]) benutzt bei der Kultur des Bacillus oedematis maligni aufser dem Vacuum noch Wasserstoff. Das Vacuum wird überhaupt häufig neben Wasserstoff und auch neben Pyrogallol angewendet.

5. Verdrängen der Luft durch Gase.

Trotzdem einige Forscher zur Verdrängung der Luft aus dem Kulturgefäfs Kohlensäure, Leuchtgas (von Würtz und Foureur) u. a. empfohlen haben, wird bei sämtlichen heute gebräuchlichen Methoden als Verdrängungsmittel Wasserstoff angewendet. Den ersten Versuch, sich der gewöhnlichen Röhrenkultur zu nähern,

---

1) Trambusti, Über einen Apparat zur Kultur der anaëroben Mikroorganismen auf festem durchsichtigen Nährmittel. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XI, S. 623.

2) Arens, Eine Methode zur Plattenkultur von Anaëroben. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XV., S. 15.

3) Gruber, Eine Methode zur Kultur anaërober Bakterien, nebst Bemerkungen zur Morphologie der Buttersäuregärung. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. I, S. 367.

4) Tizzoni, Cattani und Baquis, Bakteriologische Untersuchungen über den Tetanus. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII, S. 49.

5) Penzo, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. X, S. 822.

machte Hauser[1]. indem er Reagenzgläser mit zwei seitlichen Ansatzröhren benutzte, durch welche er das Gas dem flüssigen Nährboden zuleitete, und dann die Röhren abschmolz. Diese Röhren wurden von Liborius[2]) verbessert.

Fraenkel[3]) verwendete gewöhnliche, ziemlich weite Reagenzgläschen und verschlofs sie mit einem doppelt perforierten Kautschukpfropfen, durch welche zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren führen. Eine dieser Röhren geht bis auf den Boden des Tubus, die andere nur bis unter den Pfropfen. Nachdem durch den noch flüssigen Nährboden Wasserstoff durchgeleitet ist, schmilzt man die Zuleitungsröhren ab und paraffiniert den Kautschukpfropfen.

Ogata[4]) verwendete ein mit Nährgelatine oder Nähragar gefülltes, mit einem Wattepfropf verschlossenes sterilisiertes Reagenzrohr, das am Halse dicht unter dem Wattepfropf durch eine Gebläslampenflamme enger und länger ausgezogen ist als das Rohr von Liborius. Durch den Baumwollpfropf wird eine sterile Kapillarröhre bis zum Boden des Reagenzröhrchens eingefügt und durch diese dann das Gas durch den flüssigen Nährboden geleitet, hierauf wird das Reagenzrohr zugeschmolzen.

Kitasato verwandte bei seinem Studium des Tetanusbacillus für Plattenzwecke einen Apparat, welcher flaschenförmig und mit dem ziemlich weiten Halse nach oben gekehrt ist. Auf der oberen Fläche, nahe dem weiteren Ende, befindet sich eine enge Glasröhre, welche zur Verbindung mit der nächsten Schale dient. Diese Schalen werden sterilisiert, dann giefst man die zuvor eingeimpfte Gelatine bezw. Agar ein und läfst dieselben am Boden in der gleichen Weise wie in einem Petrischälchen fest werden. Sodann werden sie verbunden und es wird Wasserstoff hindurchgeleitet. Nach Verdrängung der gesamten Luft werden die Enden

1) Hauser, Über Fäulnisbakterien. Leipzig 1885.

2) Liborius, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. V, S. 713.

3) Fraenkel, Über die Kultur anaërober Mikroorganismen. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. III, S. 763.

4) Ogata, Einfache Bakterienkultur mit verschiedenen Gasen. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XI. S. 621.

jeder Flasche sicher verklammert, mit Paraffin versiegelt und die Flaschen zur Entwicklung weggesetzt.

Aufserdem verwendete Sternberg, Roux, Brieger, Fuchs[1]), Roth[2]), Blücher[3]), Hesse[4]), Botkin[5]), van Senus[6]), Kamen[7]), Novy[8]), Votteler[9]), Migula[10]) u. a. verschiedene Apparate für Plattenkultur und Röhrenkultur. Der von Botkin empfohlene Apparat, welcher heutzutage am meisten gebräuchlich ist, besteht aus einer Glasglocke und einer Glasschale, welche mit flüssigem Paraffinoel aus gefülltwird, durch das die beim Einleiten von Wasserstoff verdrängte Luft entweicht.

Der wegen der Unhandlichkeit des Botkinschen Apparates von mir[11]) empfohlene Apparat besteht aus einer auf einer Glasplatte stehenden Glasglocke, auf der sich oben ein Ansatzrohr mit Hahn befindet. Die Glasplatte ruht auf einem Dreifufs und hat in ihrer Mitte die Abströmungsöffnung, an welche ein durch einen Hahn verschliefsbares Glasrohr angesetzt ist. Um die Entweichung des aufgenommenen Wasserstoffes zu verhindern, werden

---

1) Fuchs, Ein anaërober Eiterungserreger. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. VIII, S. 11.

2) Roth, Über ein einfaches Verfahren der Anaërobenzüchtung. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII, S. 223.

3) Blücher, Eine Methode zur Plattenkultur anaërober Bakterien, Centralblatt für Bakteriologie, etc., Bd. IX, S. 292.

4) Hesse, Ein neues Verfahren zur Züchtung anaërober Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XI, S. 237; Züchtung der Anaëroben bei Luftabschlufs. Baumgartens Jahresberichte, Bd. VII, S. 594.

5) Botkin, Über neuen Bacillus butyricus. Zeitschrift für Hygiene, Bd. 11, S. 421.

6) van Senus, Zur Kenntnis der Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XII, S. 144.

7) Kamen, Eine einfache Kulturschale für Anaëroben. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. 12, S. 296.

8) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XIV, S. 591.

9) Votteler, Über die Differentialdiagnose der pathogenen Anaëroben etc., Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 490.

10) Migula, Über einen neuen Apparat zur Plattenkultur von Anaëroben. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XIX, S. 894.

11) Matzuschita, Untersuchungen über die Mikroorganismen des menschlichen Kotes. Archiv für Hygiene, Bd. 41, Heft 3.

Glockenrand und beide Hähne vor dem Gebrauche mit Mischwachs beschmiert und Glocke und Glasplatte in möglichst enge Berührung gebracht.

Nikiforoff[1]) bediente sich des Dampfes von destilliertem Wasser, um die Luft aus den Röhren, welche an einer Seite geschlossen, an der anderen offen waren, zu vertreiben. Nachdem dies geschehen, füllte er sie mit Gelatine und schlofs sie über der Flamme. Um die Impfung mit den Anaëroben vorzunehmen, bricht er ein Ende der Röhre ab und schliefst sie nach der Impfung wieder.

6. Mischkultur mit Aëroben (Anwesenheit von Luft).

Als notwendige Lebensbedingung für streng anaërobe Bakterien galt bis in die letzte Zeit allgemein die völlige Abwesenheit von Sauerstoff, und das Wachstum von Anaëroben in Gemeinschaft mit Aëroben wurde auch bei ungehindertem Zutritt der atmosphärischen Luft schon von Pasteur so erklärt, dafs durch die Aëroben der Sauerstoff in der betreffenden Nährflüssigkeit bis auf das letzte Atom aufgezehrt und damit für die Anaëroben in der That ein von Sauerstoff freies Medium geschaffen würde.

Penzo[2]) zeigte bei der Züchtung von Bacillen des malignen Ödems, dafs dieselben bei gleichzeitiger Impfung mit dem Bacillus prodigiosus und Proteus vulgaris, auch bei Anwesenheit von Sauerstoff wuchsen. Auf demselben Prinzip des Sauerstoffverbrauches durch einen Aëroben beruht der Versuch von Roux[3]) mit Bacillus subtilis.

Ähnlich dem Versuche von Penzo ist der von Kedrowski[4]). Seine Versuche, welche diese Behauptung erweisen sollten, waren im wesentlichen folgende. In gewöhnlicher Bouillon und $1^1/_2$ proz.

---

1) Nikiforoff, Ein Beitrag zu den Kulturmethoden der Anaëroben. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 489.

2) Penzo, Beitrag zum Studium der biologischen Verhältnisse des Bacillus des malignen Ödems. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. X, S. 824.

3) Roux, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. II, S. 327.

4) Kedrowski, Über die Bedingungen, unter welchen anaërobe Bakterien auch bei Gegenwart von Sauerstoff existieren können. Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. XX, S. 358.

Zuckerbouillon bei Zutritt von Sauerstoff impfte er gleichzeitig aërobe (Bacillus prodigiosis, Bacillus pyocyaneus, Sarcina flava, Sarcina aurantiaca, Mikrococcus agilis, weifse Hefe etc.) und anaërobe (das von ihm selbst isolierte Clostridium butryricum und den Tetanusbacillus) Bakterien. Nach bestimmter Zeit hatten sich gleichzeitig beide Bakterien entwickelt. Auf schräg erstarrtem Agar bei Zutritt von Sauerstoff impfte er ebenfalls gleichzeitig aërobe (Bacillus prodigiosus etc.) und anaërobe Bakterien und legte die Röhrchen dann im Brütschrank horizontal, so dafs die Agarrohrfläche mehr oder weniger mit dem Kondensationswasser bedeckt war. Nach 24—48 Stunden hatten sich an den feuchten Stellen gleichzeitig die Aëroben und Anaëroben entwickelt, während an den trockenen nur die Aëroben zum Wachstum gelangt waren. Kedrowsky schliefst daraus, dafs allen aëroben Bakterien die Eigenschaft zukommt, durch ihre Gegenwart das Wachstum der Anaëroben auch bei Gegenwart von Sauerstoff zu ermöglichen. Selbst beim Durchleiten von Sauerstoff durch solche Mischkulturen wurde das Wachstum nicht gehemmt. Im Gegensatz zur Lehre Pasteurs erklärt er das Wachstum der Anaëroben bei ungehindertem Luftzutritt, das sich in Mischkulturen mit aëroben Bakterien beobachten läfst, nicht in der Weise, dafs die Aufzehrung des Sauerstoffes durch die Aëroben in Bakteriengemischen den Anaëroben die Existenz ermögliche, sondern dafs von den Aëroben »Fermente« d. h. noch unbekannte, in Wasser lösliche Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden, welche die Anaëroben auch bei Anwesenheit von Sauerstoff gedeihen lassen.

Der zweite Versuch Kedrowskis, in den keimfreien Filtraten von Bouillonkulturen aërober Bakterien Anaërobe bei Luftzutritt zu züchten, schlug fehl, was Kedrowski damit erklären will, dafs sein Ferment das Filter offenbar nicht zu passieren vermöge. Wurden jedoch aërobe Agarkulturen vorsichtig getrocknet, durch Chloroformdämpfe abgetötet, dann mit Traubenzuckerbouillon übergossen und endlich mit Anaëroben geimpft, so konnte er nach 2—3 Tagen eine Vermehrung der Anaëroben konstatieren.

E. van Ermengen[1]) erwähnt, dafs sein streng anaërober Bacillus der Fleischvergiftung zwar in Bouillon mit dem Mikrococcus tetragenus zusammen üppig gedeihe, in den Filtraten und Stoffwechselprodukten des letzteren aber nicht zur Entwicklung gelange.

W. Scholtz[2]) beschäftigt sich aus demselben Grunde mit der Frage, ob die Anaëroben (Tetanusbacillus, Bacillus des malignen Ödems, Rauschbrandbacillus und Bacillus der Fleischvergiftung von van Ermengen) in Bouillonkultur bei ungehindertem Luftzutritt nur mit bestimmten Aëroben (Streptokokken, Staphylokokken, 2 Mikrokokken, mehreren Sarcinen und Hefen, 12 Bacillen, 2 Vibrionen, 1 Spirille, Actinomycespilz) zusammen zu gedeihen vermögen. In allen Fällen hat er eine zweifellose Entwicklung jener Anaëroben konstatieren können. Der genannte Forscher schliefst daraus folgendes:

In der Regel ist das Wachstum ein sehr ergiebiges und reichlich so schnell wie in reiner Wasserstoffatmosphäre. Dabei geht die Vermehrung der Aëroben voraus, und erst bei einer gewissen Entwicklungsstufe derselben beginnen auch die Anaëroben sich zu vermehren, um dann aber weiterhin im allgemeinen mit den Aëroben Schritt zu halten. In Gemeinschaft mit üppig wachsenden Aëroben, wie z. B. dem Typhusbacillus, dem Bacterium coli und dem Choleravibrio nimmt die Entwicklung der Anaëroben bereits nach 12 bis 15 Stunden ihren Anfang und nach 24 bis 48 Stunden sind Sporen gebildet. Langsamer erfolgt das Wachstum zusammen mit Streptokokken, Diphtheriebacillen, Milzbrandbacillen und anderen aëroben Bakterienarten, die selbst relativ langsam gedeihen und Bodensätze bilden, oder bei denen die Vermehrung bereits nach mäfsiger Entwicklung aufhört. Noch langsamer vollzieht sich das Wachstum in Gemeinschaft mit dem Actinomycespilz und dem Tuberkelbacillus. Es finden in diesen Fällen die Anaëroben offenbar nur in unmittel-

1) E. van Ermengen, Über einen neuen Bacillus der Fleischvergiftung. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVI, S. 1.

2) Scholtz, Über das Wachstum anaerober Bakterien bei ungehindertem Luftzutritt. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 132.

barer Nähe der Aëroben die Bedingungen zu ihrer Entwicklung. Das Alter der aëroben Kultur scheint für das Wachstum der Anaëroben ziemlich belanglos zu sein.

Votteler [1]) hat nach den Kedrowskischen Beobachtungen einen Kulturversuch mit malignem Ödem, Rauschbrand, und Tetanus mit Hilfe von Aëroben gemacht, aber seine Versuche blieben immer resultatlos.

7. Die von mir angewandte Versuchsmethode.

Meine Versuche mit verschiedenen Nährböden begann ich zunächst nach den oben beschriebenen, verschiedenen Verfahren. Es wurden mit vielen Methoden wiederholt resultatlos verlaufende Versuche angestellt; nur bei folgenden fünf Verfahren fand ich immer positive Ergebnisse. Zur Untersuchung der Sporenbildung nahm ich aber keine Agarhöhenschichtkultur.

a. Misch-Bouillon oder Agarstrichkultur mit lebenden Aëroben.
b. Agarhöhenschichtkultur.
c. Plattenkultur in meinem Apparat (unter Wasserstoff).
d. Die Wasserstoffkultur in der Reagenzröhre.

Ich nahm ebenso wie Fraenkel, ein 1,5 cm breites und 17,0 cm langes Reagenzgläschen und verschlofs es mit einem Gummi- oder Korkpfropfen, durch welchen zwei gebogene, kleine, mit engem Hals versehene Glasröhrchen führen. Eine dieser Röhren ging durch das Nährmedium bis auf den Boden des Reagenzgläschens, die andere reichte nur bis unter den Pfropfen. Die Wasserstoffeinleitung spielt freilich eine sehr hervorragende Rolle, so dafs auf sie ein besonderes Augenmerk zu richten ist. Wenn man, wie Fraenkel schreibt, nur einmal durch eine lange Röhre den Wasserstoff durchleitet, hiernach die Zuleitungsröhren abschmilzt und schliefslich den Pfropfen paraffiniert, findet die Entwicklung der Anaëroben öfters nicht statt. Bei folgenden Verfahren fand ich aber immer üppige Entwicklung der Anaëroben. Nach der Impfung wird mit einer langen Röhre durch den noch flüssigen Nährboden ca. 5 Minuten lang reiner Wasser-

1) Votteler, a. o.

stoff geleitet und dann diese Röhre bis an die Oberfläche des Nährbodens heraufgezogen; dann schliefst man ganz dicht mit Paraffin den Pfropfen ab. Mit einer zweiten kurzen Zuleitungsröhre wird nun reiner Wasserstoff so lange (ca. 10 Minuten lang) durchgeleitet, bis durch die andere lange Röhre nur reiner Wasserstoff entweicht. Alsdann schmilzt man mittels Gasflamme die lange Röhre an ihrem engen Halse zu. Nachdem man sich überzeugt hat, dafs keine Öffnung mehr vorhanden ist, also kein Wasserstoff mehr entweichen kann, wird auch die kurze Röhre, welche mit dem Kippschen Apparat verbunden ist, an ihrem engen Halse verschlossen.

Bei den Versuchen mit Agar- oder Gelatinestrichkulturen mufs man zuerst den Pfropfen paraffinieren und nur mittels kurzer Zuleitungsröhre mindestens 30 Minuten lang den Wasserstoff einleiten. Nach dem Verdrängen aller Luft werden beide Zuleitungsröhren (erst die lange, dann die kurze) zugeschmolzen.

e. Die Vacuumkultur (Auspumpen der Luft).

Hierzu benutzte ich eine Wasserluftpumpe. Mit dem Vacuum war bekanntlich ein absolut luftleerer Raum nicht zu gewinnen, deswegen nahm ich oft nach Penzo aufser dem Vacuum noch Wasserstoff oder pumpte oft mit Wasserstoff verdünnte Luft aus. Für diesen Zweck und gleichzeitig um die Sauerstoffmenge zu bestimmen, ist ein Apparat, welcher in dem folgenden Kapitel genau beschrieben wird, von mir gebraucht worden.

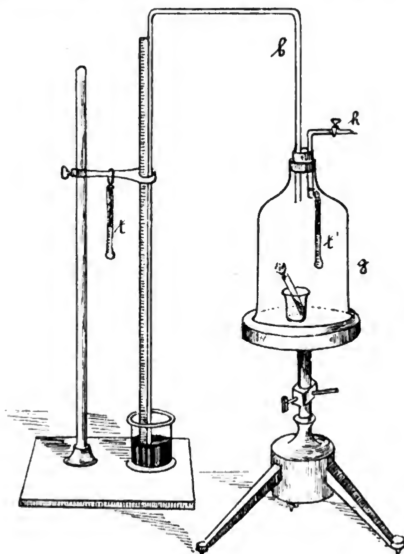
B. Die Bestimmung der Sauerstoffmenge.

A. Wieler[1]) hat einen Apparat konstruiert, in dem leicht und bequem der Sauerstoffgehalt vermindert werden kann, und der gestattet, die Pflanzen, welche er enthält, zu beobachten und zu messen. Ich wandte einen ähnlichen, nur einfacheren Apparat an.

Eine durch den Teller einer Wasserstrompumpe einerseits und durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen anderer-

1) Wieler, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiarpressung des Sauerstoffs. Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen, Bd. I, 1881—1885, S. 194.

seits verschlossene Glasglocke g steht durch die eine Öffnung des doppelt durchbohrten Stopfens direkt mit einem Gefässbarometer b in Verbindung. Durch die andere Öffnung des Stopfens führt das Rohr eines Glashahnes h. Dieser ist mit dem Kippschen Wasserstoffentwicklungs-Apparat verbunden. An der Barometerröhre b ist eine Millimeterskala angebracht, um die Niveaudiffe-



renzen des Quecksilbers ablesen zu können. In halber Höhe hängt ein Thermometer t; ein zweites t' befindet sich in der Glocke.

Um den Apparat möglichst luftdicht zu machen, werden sämtliche Verschlüsse mittelst einer Mischung von 5 Teilen Schweinefett und 1 Teil Wachs befestigt.

Mit der Wasserstrompumpe vermochte ich die Luft bis zu einer Verdünnung von 10—20 mm auszupumpen. Sollte diese

Verdünnung noch weiter getrieben werden, so wurde nach dem Evakuieren der Apparat mit Wasserstoff gefüllt und nach einiger Zeit wieder bis auf 10—20 mm ausgepumpt. Die Luftmenge kann dann durch Wiederholung obiger Operation so weit verringert werden, dafs, den Wasserstoff als rein vorausgesetzt, in der Glocke fast gar kein Sauerstoff mehr vorhanden ist.

Die Berechnung ist unter Benutzung der auch von Wieler benutzten Formel folgende: $V_1 = \frac{v \cdot b_1}{b}$. Durch Multiplikation dieses Wertes mit $\frac{20,93}{100}$ erhält man die in diesem Volumen enthaltene Quantität Sauerstoff. Die schliefsliche Formel für die Quantität des Sauerstoffs lautet also:

$$V_0 = \frac{v \cdot b_1}{b} \times \frac{20,93}{100}.$$

V_0 = Sauerstoffvolumen bei b_1; Druck.
$v = V_1 - h_1\, q$ (q=Querschnitt des Barometerrohres).
V_1 = Rauminhalt des Apparates.
h_1 = Stand des Quecksilbers, auf der Millimeterskala des Gefäfsbarometers abgelesen.
b = Barometerstand der atmosphärischen Luft.
$b_1 = b - h - Wt$.
h = Niveaudifferenz des Quecksilbers im Gefäfsbarometer.
Wt = Wasserdampftension bei t° C.

C. Der Nachweis der Sporen.

Im hängenden Tropfen erscheinen die Sporen als kugelige oder ellipsoide, Oltropfen ähnliche, viel stärker als das Bakterienprotoplasma das Licht brechende Körperchen, die sich ursprünglich im Leibe der sie bildenden Zellen befinden, nachher auch im freien Zustande vorkommen. Viele Autoren wiesen manchmal blofs im hängenden Tropfen die Sporen nach, und es sind infolgedessen schon öfters Fehler vorgekommen, weil manche Bakterien granulierten, körnigen Inhalt besitzen, der Sporen vortäuschen kann.

Gegen Hitze haben die Sporen eine viel gröfsere Widerstandskraft als die Bakterien selbst. Um Sporen des Milzbrandbacillus nachzuweisen, hat Weil[1]) denselben 2 Minuten lang auf 80° C. erhitzt. Diese Methode des Sporennachweises ist aber ebenfalls nicht genügend, weil man in kurzer Zeit das ganze Untersuchungsmaterial nicht überall gleichmäfsig erhitzen kann, und noch lebende Bakterien darin bleiben. Ich habe bei der Sterilisierung der lebenden Mäusesepticämiebacillenkultur (bei Untersuchungen über Schutzimpfung) folgenden Fall beobachtet: Eine 30 Stunden alte Bouillonkultur wurde im Wasserbad langsam erwärmt, bis die Temperatur des letzteren 80° C. anzeigte; darauf wurde die Emulsion 2 Minuten im Wasserbad bei dieser Temperatur belassen. Eine mit 0,3 ccm der Emulsion intraperitoneal geimpfte weifse Maus starb nach 5 Tagen an Mäusesepticämie, und die bakteriologische Untersuchung ergab ein positives Resultat.

Durch gewöhnliche Farbstoffe sind die Sporen sehr schwer oder gar nicht färbbar. Ungefärbte Körper sind aber nicht immer Sporen, weil andere, keine Sporen bildende Bacillen, z. B. der Pestbacillus, der Hühnercholerabacillus etc. ziemlich häufig blofse Polfärbung zeigen.

Ein ausserordentlicher Fortschritt wurde durch Hauser (sowie Neiser, Ernst und Bunge) angebahnt, der eine allgemeingültige Methode angab, um die Sporen durch eine Färbung mit nachfolgender Abspülung mit Säurealkohol sichtbar zu machen. Mit Hilfe dieses neuen Verfahrens ist es in allen Fällen gelungen, bei sporentragenden Bakterien solche Organe nachzuweisen, während bei nicht sporentragenden Bakterien (mit wenigen Ausnahmen, z. B. dem Tuberkelbacillus) nichts dergleichen zu finden ist.

Um die Sporen nachzuweisen, benutze ich immer Hausers Sporenfärbungsmethode (Vorfärben mit Ziehlscher Lösung, Abspülen mit saurem Alkohol und Nachfärben mit Methylenblau). Nach dieser Methode machte ich regelmäfsig 2 bis 4 Präparate von derselben Kultur. In sehr geringer Anzahl vorhandene

1) Weil, Zur Biologie der Milzbrandbacillen, Inaugural-Dissertation, Bern 1899.

Sporen zu finden, ist manchmal wegen der Farbstoffniederschläge ziemlich schwer, in solchen Fällen konnten wir dieselben nicht nur durch die mikroskopische Prüfung der von der Kultur hergestellten Präparate, sondern auch durch Versuche über die Resistenz gegen Einwirkung höherer Temperatur bestätigen. Man erhitzt z. B. eine Kultur, welche sich in einem geschlossenen und luftfreien Glasröhrchen befindet, 5—10 Minuten lang auf 79—81 ° C. im Wasserbad und impft von dieser Kultur auf den neuen Nährboden. Durch derartige sorgfältige Prüfung stellte ich immer die Sporenbildung fest.

D. Die Zubereitung der Nährböden.

Vor allem ist die Sterilisierung des Nährbodens sehr wichtig, deswegen habe ich immer regelmäfsig alle benutzten Nährböden mittels Dampftopf jedesmal 15 bis 30 Minuten lang 3 bis 5 mal (täglich oder alle 2 Tage einmal) sterilisiert und dieselben 2 Tage lang bei einer Temperatur von 35 ° C. stehen lassen, da allein diese eine Garantie für das Freibleiben von Verunreinigungen bietet.

Bei allen Versuchen wurden Reinzüchtungen in den jedesmal näher bezeichneten Nährmedien, teils in weiten Reagenzröhrchen (mit ca. 15 ccm Flüssigkeit) oder Erlenmeyerschen Kölbchen (mit 30—50 ccm Flüssigkeit), teils auf Agar- oder Kartoffelkulturen mit schiefer Fläche in Reagenzgläschen ausgeführt.

Ich benutzte folgende Nährböden:

1. Fleischextraktwasser. In 1 l Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton[1]) gelöst, durch Zugabe von Sodalösung (oder Essigsäure) neutralisiert, filtriert und sterilisiert.

2. Bouillon. 5 g Kochsalz werden in 1 l Fleischextraktwasser gelöst.

1) Als Resultat der Analysen Fleischpepton Kochs durch Bodländer ergab sich, auf die Trockensubstanz berechnet:

Eiweis im Wasser unlöslich	2,11 %
Pepton im Wasser löslich	45,95 %
Extractiv-Stoff des Fleisches	40,66 %
Asche	11,28 %
	100,00 %.

3. Traubenzuckerbouillon. Bouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen (0,5—50,0 %) Traubenzucker.

4. Kochsalzbouillon. Bouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen (0,2—10 %) Kochsalz.

5. Glycerinzuckerbouillon. Bouillon mit Zugabe von 2 % Traubenzucker und 6 % Glycerin.

6. Sodabouillon. 2proz. Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen Natrium carbonicum.

7. Säurebouillon. 2 proz. Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen Acidium hydrochloricum.

8. Pyrogallolbouillon. 2 % Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von 5 % Glycerin, 0,1 % Eikonogen, 0,1 % Hydrochinon, 0,1 % Pyrogallussäure.

9. Gummilösung. In 1 l Fleischextraktwasser werden 50—300 g Gummi arabicum, 5 g Kochsalz, 20 g Traubenzucker gelöst und neutralisiert.

10. Tragacanthlösung. Ebenfalls eine Lösung von 1 bis 3 % Gummi-Tragacantha, 0,5 % Kochsalz, 2% Traubenzucker in Fleischextraktwasser.

11. Konbudekokt. Das Konbu ist eine der Laminaria ähnlichen japanischen Meeralgen. 100 g getrocknetes, fein geschnittenes Konbu wird mit 1 Liter gewöhnlichen Wassers 24 Stunden an einem kalten Ort stehen gelassen und dann 1 Stunde im Dampfkochtopfe gekocht und filtriert; hierauf fügt man 10 g Kochs Fleischpepton, 20 g Traubenzucker zu, kocht auf und neutralisiert.

12. Wassergelatine. Zu 1 Liter Wasser werden 100 g Gelatine zugesetzt, umgeschüttelt und vorsichtig im Wasserbad bis zum Schmelzen der Gelatine erwärmt. Hierauf Neutralisation, Kochen im Dampfkochtopf und Filtrieren.

13. Fleischpeptongelatine. In 1 Liter Wasser werden 100 g Gelatine und 10 g Kochs Fleischpepton gekocht, neutralisiert und filtriert.

14. Gewöhnliche Nährgelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,5 % Kochsalz.

15. Traubenzuckergelatine. Gewöhnliche Nährgelatine mit Zugabe von 2% Traubenzucker.

16. Bouillongelatine. Bouillon mit Zugabe von 2% Traubenzucker und 1—30% Gelatine.

17. Kochsalzgelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,2—10,0% Kochsalz.

18. Traubenzuckerfleischpeptongelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,5—60% Traubenzucker.

19. Glyceringelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 5—15% Glycerin.

20. Sodagelatine. Traubenzuckergelatine mit Zugabe von 0,2—15,0% Natrium carbonicum.

21. Säuregelatine. Traubenzuckergelatine mit Zugabe von 0,1—0,4% Acidum-hydrochloricum.

22. Gewöhnlicher Nähragar. Zu 1 Liter Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton, 5 g Kochsalz und 20 g Agar-Agar im Dampfkochtopf gekocht, neutralisiert und filtriert.

23. Traubenzuckeragar. Gewöhnlicher Nähragar mit Zugabe von 2% Traubenzucker.

24. Fleischpeptonagar. In 1 Liter Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton, 5 g Kochsalz, 2% Traubenzucker und 0,1—0,5% Agar-Agar gekocht, hernach neutralisiert und filtriert.

25. Kartoffel. Aus geschälten Kartoffeln werden cylindrische Stücke geschnitten und zur Ermöglichung einer grofsen Oberfläche diese Cylinder schief abgeschnitten. Sterilisation in den Reagenzgläsern im Dampfkochtopf.

26. Glycerinkartoffel. Die Herstellung dieses Nährbodens ist dieselbe wie bei 25, nur kommt ein Zusatz von Glycerin hinzu.

II. Das Wachstum einiger Anaëroben auf Schrägagar und Plattenkultur.

Da die Kulturen anaërober Bakterien auf schräg erstarrter Agarfläche andern Forschern nicht gelungen sind, während sich bei meiner Untersuchung stets positive Resultate ergaben, will ich die Beschaffenheit der Kulturen bei den verschiedenen geprüften Arten kurz beschreiben.

1. Clostridium butyricum.

Auf 2 proz. Traubenzuckergelatineplatten entwickeln sich die Kolonien unter Wasserstoff nach 3—4 Tagen als 1—3 mm grofse, dünne, grauweifse, rundliche, unregelmäfsig zackige oder gelappte, weintraubenblattförmige, trockene, mattglänzende Auflagerungen; im luftleeren Raum sind die Kolonien rein weifs und dicker als unter Wasserstoff. Bei schwacher Vergröfserung sind sie, wie auf Tafel I Figur 1 ersichtlich, dunkelgelb gefärbt, nicht durchscheinend; ihr Rand ist gelappt. In den ungefärbten Randpartien zeigen sich zahlreiche, ziemlich lange Fäden. Ein paar lange Haare ragen sogar vom Rand der Kolonie weiter in die Gelatine hinaus. Die Gelatine verflüssigt sich niemals.

Auf gewöhnlichen Nährgelatineplatten bilden sie nach 3 Tagen makroskopisch 1,5—2 mm grofse, dünne, trockene, Coli-ähnliche Kolonien.

Auf 2 proz. Traubenzuckeragarstrichkultur bildet Clostridium butyricum einen grauweifslichen, nicht dicken, glänzenden Belag mit bald fast glattem, bald mit kurzen Härchen versehenem Rande. Kondensationswasser ist ziemlich klar mit schmutzig-weissem Bodensatz (vgl. Tafel I, Figur 2 und 3).

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bilden sie dünne, weifse, trockene Häutchen, auf Glycerinkartoffeln dagegen saftige weifse Auflagerungen. Beide Kartoffelkulturen riechen nach Essig. Gasbildung ist in beiden Kartoffelkulturen ebenfalls nachweisbar.

2. Bacillus oedematis maligni.

Auf 2 proz. Traubenzuckeragarplattenkultur besteht die Kolonie aus einem weifslichgrauen, dünnen, langen, deutlichen Härchenkranz. Bei schwacher Vergröfserung werden gelbe, mehr oder weniger gewundene, miteinander innig verschlungene Fäden sichtbar, ganz ähnlich wie bei den Kolonien des Bacillus mycoides.

Auf 2% Traubenzuckeragarstrichkultur Bildung eines grauweifsen Belages mit langen oder kurzen, zarten Härchen. Bei einzelnen Kolonien sind die fadenartigen Gebilde viel deutlicher als bei den zusammenfliefsenden Kolonien. Kondenswasser ist

erst etwas getrübt, später klärt es sich jedoch wieder auf unter Bildung von Bodensatz. (Vgl. Tafel II, Figur 8 und 9.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln und Glycerinkartoffeln bemerkt man makroskopisch kein Wachstum, während sich mikroskopisch bisweilen zahlreiche Bazillen erkennen lassen.

3. Bacillus anthracis symptomatici (Bacillus des Rauschbrandes).

Die Kolonien auf Agarplatten sind denen des Bacillus des malignen Ödems sehr ähnlich.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur entwickeln sie sich als lange, breite, bald ineinander zusammenfliefsende, baumartig gezweigte oder als gelappte, blattähnliche Gebilde. (Vgl. Tafel II, Figur 6 und 7.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bildet sich bei 34° C. nach 22 Stunden ein über die ganze Oberfläche verbreitetes, trockenes, weifsliches Häutchen und Gasblasen, nach 16 Tagen hat sich eine über die ganze Oberfläche verbreitete, dünne, schmutziggraue, sehr unangenehm stinkende Auflagerung entwickelt.

Auf Glycerinkartoffeln ist makroskopisch kein Wachstum nachweisbar, während sich mikroskopisch ein paar Bacillen vorfinden.

4. Bacillus sporogenes.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur wächst er in Form einer saftig glänzenden, ziemlich dicken Auflagerung. Die Fadenbildung ist nicht so deutlich wie beim Bacillus des malignen Ödems. (Vgl. Tafel I, Figur 4.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bilden sich bei 34° C. nach 16 Tagen kaum sichtbare, sehr dünne, weifslichgraue Auflagerungen und stinkende Gase. Die Kartoffel färbt sich graubräunlich.

Auf Glycerinkartoffeln bald kein, bald kümmerliches Wachstum unter Entwicklung von Gasblasen.

5. Bacillus botulinus van Ermengen.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstichkultur bildet sich eine ziemlich dicke, saftig glänzende, weifsliche Auflagerung mit deutlichem Stichkanal.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur erscheint ebenfalls eine nicht charakteristische, saftig glänzende, weifsliche Auflagerung.

Die Kartoffeln haben einen schwach ranzigen Geruch, der aber durchaus nicht widerlich ist, wie bei anderen Anaëroben.

Anhang. Bacillus X.

Derselbe ist ein unter dem Namen Tetanusbacillus von Král uns übersandter Bacillus, welcher mit dem Tetanusbacillus nicht übereinstimmt. Die Kultur war wahrscheinlich unrein, denn ich habe immer von derselben Kultur einen fakultativ anaëroben Bacillus, niemals Tetanusbacillen gezüchtet. Dieser fakultative anaërobe Bacillus hat folgende Eigenschaften:

Im hängenden Tropfen stellt er ein lebhaft bewegliches, langes, grofses Stäbchen mit abgerundeten Enden dar; oft vereinzelt gelagert oder aus zwei bis mehreren Gliedern bestehende Fäden bildend. In der Mitte des Stäbchens bildet sich eine länglich-runde Spore, fakultativ anaërob, entwickelt er sich unter Wasserstoff viel üppiger als bei Luftzutritt.

Mit gewöhnlichen Farbstoffen färben die Stäbchen sich sehr gut. Er wächst bei Zimmer- und Bruttemperatur auf gewöhnlichem Nährboden sehr gut, jedoch bei 35° C. viel schneller als bei Zimmertemperatur.

Auf Plattenkulturen, welche mit 10proz Fleischpeptongelatine hergestellt worden sind und die bei Zimmertemperatur gehalten werden, entwickelt sich der Bacillus wie folgt:

Kleine, weifse Kolonien, welche schnell die Gelatine verflüssigen. Nach 1—2 Tagen ca. 5 mm grofse, runde, verflüssigende, in der Mitte eine weifse und schleimige Bakterienmasse enthaltende Kolonien. Bei schwacher Vergröfserung erscheinen die noch nicht verflüssigten Kolonien als gelbe, aus unregelmässig zusammenliegenden Fäden bestehende Scheiben. Die verflüssigten Kolonien zeigen in der Mitte ein unregelmäfsiges, ziemlich grofses, dunkelgelbes Centrum; die nächste Schicht besteht aus unregelmäfsig liegenden Körnchen oder aus einem fädenartigen, lockeren Gewebe; um dieses herum liegt ein

dunkelgelber, ziemlich breiter Ring; dann folgt eine helle, breite Zone, an welcher der mit runden, kurzen Härchen versehene Rand angrenzt. (Vgl. Tafel II, Figur 5.)

In der Gelatinestichkultur wächst diese Art längs des Stichkanals in Form weisslicher Fäden. Die Gelatine verflüssigt sich sehr schnell tellerförmig.

Auf schrägem Agar bildet sich erst eine grauweifse, saftig glänzende Auflagerung, welche nach 5 Tagen trocknet und sich etwas faltet.

Bouillon trübt sich gleichmäfsig, bildet weifsen Bodensatz und enthält in der Mitte der Oberfläche eine weifse Bakterienmasse.

In Traubenzuckerbouillon keine Gasbildung.

Indolbildung ist in gewöhnlicher Bouillon oder dem Peptonwasser in Spuren nachweisbar.

III. Die entscheidende Veranlassung der Sporenbildung.

Lehmann[1]) sagt, dafs eine gewisse Erschöpfung des Nährbodens bedingend oder wenigstens begünstigend für die Sporenbildung des Milzbrandbacillus sei.

Büchner[2]) schreibt, dafs Bacillus anthracis in guten Nährlösungen sich nur vegetativ vermehrt und erst bei eintretendem Mangel an Ernährungsmaterial zur Sporenbildung übergeht. Diesen Satz stützte Buchner durch drei Versuche. Erstens stellte er fest, dafs die Sporenbildung ausblieb, wenn man in einem Schälchen mit 2 ccm Inhalt die Bouillon um die üppig wachsenden Bacillen häufig erneuerte, dafs sie aber bald eintrat, wenn man die gleichen Bacillen in einem Tropfen Bouillon züchtete. Zweitens zeigte er, dafs in sterilisiertes Wasser gebrachte Milzbrandfäden weiter Sporen bildeten, während sie es in angefaulter Fleischflüssigkeit nicht thaten, und drittens, dafs

1) Lehmann, Über einige Bedingungen der Sporenbildung beim Milzbrand. Sitzungsbericht der phys. und med. Gesellschaft zu Würzburg 1890.

2) Büchner, Über die Ursache der Sporenbildung beim Milzbrandbacillus. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 3.

in verdünnten Fleischextraktlösungen rascher Sporenbildung eintrat. Schreiber[1]) stimmt Buchner bei, indem er angibt, dafs dauerndes lebhaftes Wachstum unter den günstigsten Bedingungen niemals Sporenbildung hervorruft, dafs ungenügende Ernährung und ungünstige äufsere Bedingungen die Sporenbildung sehr in Frage stellen, bezw. sie ganz aufheben, dafs plötzliche Hemmung des Wachstums nach vorausgegangener guter Ernährung zu jeder Zeit sofort schnell und vollständig Sporenbildung veranlafst. Gegen die Richtigkeit der Folgerung hat Migula[2]) das Resultat des folgenden Versuches eingewendet: Er setzte einer Bouillonkultur mit Milzbrandbacillen, die »kurz vor der Sporenbildung« stand, trockenes Pepton mit Fleischextrakt zu, d. h. also sehr gute Nährstoffe. Trotzdem kam es nicht zu einer entsprechenden Vermehrung, sondern die Hauptmasse der Zelle fuhr fort, sich auf die Sporenbildung vorzubereiten. Erst bei Verdünnung der Bouillon mit Wasser trat lebhafte Vermehrung ein, und die Sporenbildung unterblieb. Daraus folgert Migula, dafs die Anhäufung von Stoffwechselprodukten die Veranlassung zu Sporenbildung abgebe. Klebs[3]) sagt, dafs die Stoffwechselprodukte zweifellos nicht notwendig für die Sporenbildung sind, wie die Versuche mit reinem Wasser darlegen, wenn auch die Möglichkeit einer solchen Wirkung zuzugeben ist. Aus den Versuchen von Klebs mit verschiedenartigen Pilzen geht deutlich hervor, dafs überhaupt eine Änderung der Ernährung oder der Eintritt von Nahrungsmangel für die Bildung der Fortpflanzungsorgane von entscheidender Bedeutung ist.

Um die Frage, ob die Veranlassung zur Sporenbildung im Nahrungsmangel oder in Stoffwechselprodukten liegt, zu beurteilen, habe ich mit Anaëroben Experimente angestellt. Für die Versuche ist es sehr wichtig, ein ganz bestimmtes Substrat anzuwenden,

1) Schreiber, Über die physiologischen Bedingungen der endogenen Sporenbildung bei Bacillus anthracis, subtilis und tumescens. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XX, S. 431.

2) Migula, Ref. aus Arbeit von Klebs.

3) Klebs, Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXXV, S. 17.

um genau vergleichbare Resultate zu erlangen. Denn der gleiche Bacillus kann bei der Kultur auf verschiedenartigen Substraten doch etwas verschiedenartige Eigenschaften zeigen. Wo es möglich ist, eignet sich am besten die Kultur in Flüssigkeiten, weil der Bacillus darin sehr gleichmäfsig ernährt wird. Für das Folgende ist stets vorausgesetzt, dafs alle anderen äufseren Bedingungen in günstigem Sinne einwirken.

Wie ich im folgenden Abschnitt darlegen werde, bilden die Anaëroben in 2proz. Traubenzuckerbouillon ziemlich langsam Sporen. Es wurde deshalb zur Lösung der vorliegenden Frage 2proz. Traubenzuckerbouillon von mir benutzt. Zuerst mufste ich darüber klar zu werden suchen, ob sich die Bakterien im Filtrat einer Anaërobenbouillonkultur, in welcher schon einmal die Sporenbildung erfolgte, vermehren, d. h. ob in demselben noch Nährstoffe enthalten sind; dann stellte ich mir die Frage, ob im Filtrat von Aërobenbouillonkultur die Anaëroben sich noch entwickeln und noch Sporen bilden können. Drittens mufste man noch die Frage beantworten, ob nach dem Zusatz von Nährstoffen in solchen Filtraten von Anaëroben- oder Aërobenbouillonkultur sofort die Anaëroben Sporen bilden. Endlich mufste man sich die Frage stellen, ob die Sporenbildung ausbleibt, wenn man die Nährböden häufig erneuerte. Die von mir benutzten Filtrate reagierten infolge spontaner Säurebildung sauer und wurden direkt als Medium benutzt.

I. Untersuchung mit dem Filtrat von Anaërobenbouillonkultur.

Bacillus sporogenes wächst im Filtrat einer 2 Tage alten, bei 34° C. aufbewahrten, 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher Bacillus sporogenes sich üppig entwickelt und Gas, aber noch keine Sporen gebildet hatte, unter Wasserstoff makroskopisch ziemlich gut und bildet nach 20 Stunden noch keine, nach 42 Stunden nicht sicher nachweisbare, nach 72 Stunden nur wenige, nach 96 Stunden zahlreiche Sporen; also tritt die Sporenbildung in diesem Filtrat 1—2 Tage früher als in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon ein. In einem Filtrate von 4 und 6 Tagen alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher

üppiges Wachstum und geringe Sporenbildung nachweisbar war, entwickelt sich Bacillus sporogenes nur sehr spärlich, und die Flüssigkeit bleibt makroskopisch immer klar, während sich mikroskopisch nach 1 Tage schon ziemlich viele Stäbchen und vereinzelte Sporen, nach 2—4 Tagen mäfsig viele bis zahlreiche Sporen nachweisen. In diesem Filtrat bildet Bacillus sporogenes also in kurzer Zeit Sporen; während sie sich in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon erst nach 4 Tagen bilden.

Clostridium butyricum wächst im Filtrate von 2 und 6 Tage alten 2proz. Traubenzuckerbouillonkulturen, in welchen es sich üppig entwickelt hatte (in der 6 Tage alten Kultur hatten sich schon Sporen gebildet), ziemlich gut unter Gasbildung; die Sporenbildung tritt nach 2—3 Tagen ein, also 1—2 Tage früher als in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon.

Bacillus anthracis symptomatici entwickelt sich in Filtraten von 9 und 11 Tage alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher üppige Entwicklung und Sporenbildung von Bacillus anthracis symptomatici nachweisbar waren, unter Wasserstoff makroskopisch nicht, und die Flüssigkeiten bleiben immer klar, während mikroskopisch die Entwicklung deutlich nachweisbar ist. Die Sporenbildung findet nach 3—4 Tagen statt, also 4 bis 5 Tage früher als in 2proz. Traubenzuckerbouillon.

2. Untersuchung mit dem Filtrat von Aërobenbouillonkultur.

Wir werden später sehen, dafs die Anaëroben in Mischbouillonkultur zugleich mit Aëroben bei Luftzutritt sich entwickeln, während sie im Filtrat von Aërobenbouillonkultur bei Luftzutritt nicht wachsen (siehe folgenden Abschnitt). Ich suchte daher noch darüber Klarheit zu bekommen, ob die Anaëroben im Filtrat von Aërobenbouillonkultur sich unter Wasserstoff entwickeln können. Hierzu benutzte ich die Filtrate der 2proz. Traubenzuckerbouillonkulturen des Bacillus coli communis, Bacillus prodigiosus, Bacillus pyocyaneus und Vibrio cholerae, welche 2 Tage lang bis 34° C. aufbewahrt wurden und sehr üppiges Wachstum zeigten.

Im Filtrat der Bacillus prodigiosus-Kultur bilden unter Wasserstoff Bacillus oedematis maligni und Clostridium butyricum nach 24 Stunden, Bacillus botulinus und Bacillus anthracis symptomatici nach 36 Stunden, Bacillus sporogenes nach 48 Stunden eine geringe Menge von Sporen. Clostridium butyricum, Bacillus anthracis symptomatici und Bacillus sporogenes wachsen in diesem Filtrat makroskopisch nicht, sondern nur mikroskopisch, während Bacillus botulinus und Bacillus oedematis maligni etwas Gas bilden.

Im Filtrat von Coli-Kultur bilden unter Wasserstoff Bacillus sporogenes, Bacillus oedematis maligni und Clostridium butyricum nach 24 Stunden, Bacillus botulinus und Bacillus anthracis symptomatici nach 72 Stunden Sporen; alle Kulturen bleiben makroskopisch klar, wobei sich ein Bodensatz bildet; mikroskopisch sind jedoch zahlreiche Stäbchen nachweisbar.

Im Filtrat von Pyocyaneus-Kultur entwickeln sich Bacillus sporogenes und Bacillus oedematis maligni ebenfalls sehr schwach, und es ist ihre Entwicklung nur mikroskopisch nachweisbar. Die Sporenbildung tritt erst nach 3 Tagen ein.

Im Filtrat von Cholera-Kultur tritt die Sporenbildung bei Bacillus sporogenes und Clostridium butyricum nach einem Tage, beim Bacillus botulinus nach zwei Tagen, beim Bacillus oedematis maligni und Bacillus anthracis symptomatici nach drei Tagen ein. Bacillus botulinus und Bacillus oedematis maligni wachsen ziemlich gut unter Gasbildung, während die übrigen Anaëroben sich nur mikroskopisch entwickeln.

Aus diesen Beobachtungen ersehen wir, dafs im Filtrat von 2—11 Tage alter Bouillonkulturen mikroskopische und makroskopische Entwicklung von Anaëroben möglich ist, und dafs bei Anaëroben die Sporenbildung in kürzerer Zeit als in gewöhnlicher Bouillon eintritt.

3. Untersuchung mit dem Filtrat von Anaërobenbouillonkultur nach dem Zusatz von Nährstoffen.

In dem Filtrat der 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des Clostridium butyricum, welche neun Tage lang bei 34° C. auf-

bewahrt wurde und sehr üppiges Wachstum und viele Sporen zeigte, bildet Clostridium butyricum nach 20 Stunden noch keine, nach 23 Stunden eine geringe Menge von Sporen, während in demselben Filtrat bei Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon von gleicher Quantität (es enthält dieses ganze Filtrat also 0,5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker und 0,25% Kochsalz) erst nach 40 Stunden Sporenbildung nachweisbar ist. In demselben Filtrat bei Zusatz von einer Flüssigkeit, welche 2% Fleischpepton, 4% Traubenzucker, 1% Kochsalz und Wasser enthält, von gleicher Menge (es enthält dieses ganze Filtrat also 1% Fleischpepton, 2% Traubenzucker und 0,5% Kochsalz) tritt die Sporenbildung des Clostridium butyricum erst nach drei Tagen, manchmal nach fünf Tagen ein.

In dem Filtrat von vier Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des Bacillus sporogenes mit oder ohne Zusatz von 2 proz. Traubenzuckerbouillon ist spärliche Entwicklung und Sporenbildung des Bacillus sporogenes nach 24 Stunden nachweisbar. In demselben Filtrat ist bei Zusatz der gleichen Menge 2 proz Traubenzuckergelatine (das Medium enthält also im ganzen 0.5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker, 0,25% Kochsalz und 5% Gelatine) die Sporenbildung des Bacillus sporogenes nach 24 Stunden noch etwas lebhafter als im Sporogenes-Filtrat mit oder ohne Zusatz von 2 proz. Traubenzuckerbouillon.

4. Untersuchung mit dem Filtrat von Aërobenbouillonkultur nach dem Zusatz von Nährstoffen.

Bacillus oedematis maligni bildet im Filtrat von zwei Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des Bacillus prodigiosus nach 24 Stunden, in demselben Filtrat bei Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon von gleicher Quantität (es enthält dieses ganze Filtrat also 0,5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker und 0,25% Kochsalz) nach 36 Stunden Sporen.

Im Filtrat der zwei Tage alten 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des Bacillus pyocyaneus mit oder ohne Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon in gleicher Menge bilden Bacillus oedematis maligni und Bacillus sporogenes nach zwei Tagen un-

reife, nach drei Tagen spärliche reife, nach vier Tagen viele Sporen. In diesem Filtrat, welchem 2 proz. Traubenzuckerbouillon zugesetzt wurde, entwickeln sich beide Bacillen deutlich etwas reichlicher als im reinen Filtrat.

5. Untersuchung der Hemmung der Sporenbildung durch fortwährende Erneuerung der das Wachstum befördernden Nährstoffe.

Auf ähnliche Weise wie Buchner, habe ich bei fünf Anaëroben in 2 proz. Traubenzuckerbouillon 20 mal regelmäfsig nach je fünf Tagen die Nährlösung erneuert, ohne dafs jemals Sporenbildung eingetreten wäre; die Kulturen befanden sich bei Zimmertemperatur immer unter Wasserstoff. Die Bakterien zeigten bis zum letzten Male keine Sporenbildung, jedoch bildeten sie in kurzer Zeit wieder Sporen, wenn man sie in 2 proz. Traubenzuckergelatine überimpfte und bei 34° C. kultivierte.

Ich habe die Versuche nicht weiter fortgesetzt, weil nach allen Erfahrungen ein anderes Resultat nicht zu erwarten war. Auf Grund seiner ausgedehnten Studien über diese Frage spricht Klebs folgenden Satz aus: So lange für das Wachstum der niederen Organismen charakteristische äufsere Bedingungen vorhanden sind, tritt Fortpflanzung nicht ein. Die für diesen Prozefs günstigen Bedingungen sind stets für das Wachstum mehr oder weniger ungünstig. Dieser Satz gilt für die aëroben und anaëroben Bakterien.

Wir haben nun gesehen, dafs die anaëroben Bakterien im Filtrat von Anaëroben- oder Aëroben-Bakterienbouillonkultur schnell, in demselben Filtrat mit Zusatz von Nährstoffen langsam die Sporen bilden. Z. B. Bacillus sporogenes bildet im Filtrat von vier Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur von demselben Bacillus nach einem Tag vereinzelte reife Sporen, während sich in gewöhnlicher 2 proz. Traubenzuckerbouillon erst nach vier Tagen Sporen bilden. In dem Filtrat von neun Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des Clostridium butyricum bildet Clostridium butyricum nach 23 Stunden geringe Mengen von Sporen, während in demselben Filtrat mit Zusatz von Nähr-

stoffen erst nach drei, manchmal fünf Tagen die Sporenbildung eintritt.

Aus allen diesen Beobachtungen geht deutlich hervor, dafs, so lange der Nährboden viele Nahrung enthält, keine Sporenbildung eintritt, dafs die Stoffwechselprodukte auf die Sporenbildung einen sehr zweifelhaften Einflufs ausüben und, dafs die Veranlassung der Sporenbildung im Mangel an Ernährungsmaterial liegt.

IV. Die allgemeinen Bedingungen der Sporenbildung.

Die Untersuchungen wurden nach folgenden Richtungen hin ausgeführt:

1. Der Einflufs der Ernährung.
2. Der Einflufs des Sauerstoffes.
3. Der Einflufs der Temperatur.
4. Der Einflufs des Lichtes.

1. Der Einflufs der Ernährung.

Die Bakterien entwickeln sich auf den mannigfachsten Substraten, und die Ernährungsverhältnisse üben auf die Sporenbildung einen verschiedenen Einflufs aus. Um diesen Einflufs zu untersuchen, will ich hier nur folgende Gesichtspunkte behandeln:

A. Der Einflufs der Qualität der Nährstoffe.
B. Der Einflufs der Quantität der Nährstoffe.
C. Der Einflufs von chemischen Substanzen.

A. Der Einflufs der Qualität der Nährstoffe.

Osborne[1]) hat betreffs der Sporenbildung des Milzbrandbacillus bewiesen,

1. dafs die absolute Gröfse der Sporenernte bei gleicher Aussaat auf Nährböden von geringem Fleischextraktgehalt geringer ist als auf solchen von normalem Gehalt;

1) Osborne, Die Sporenbildung des Milzbrandbacillus auf Nährboden von verschiedenem Gehalt an Nährstoffen. Archiv für Hygiene, Bd. XI, S. 51.

2. dafs auf erschöpften Nährböden die absolute Sporenernte ebenfalls geringer ist als auf guten;

3. dafs — hierüber sind allerdings nur einige gelegentliche Beobachtungen und keine Zahlen mitgeteilt — in den spärlich gewachsenen Fäden der schlechten Nährböden die Sporen weniger dicht liegen als in den üppig gewachsenen Fäden der guten Nährböden — und, dafs also von einer Begünstigung der Sporenbildung durch Nährböden, deren Erschöpfung früher eintritt, keine Rede sein kann.

Stephanidis[1]) schlofs aus seinem Versuch: Die Dichtigkeit oder Intensität der Sporenbildung ist auf guten Nährböden eine gröfsere als auf schlechten. Sehr beträchtlich ist die Differenz nicht; immerhin liefern, wie zu erwarten, die kräftigen Fäden, die auf dem reichen Nährboden gewachsen sind, die reichere Ernte.

Im Nachfolgenden werde ich in Kürze meine Befunde angeben; die genaueren Resultate stellte ich der Übersichtlichkeit halber in Tabelle I zusammen.

a) 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur (bei 34° C.).

1. Clostridium butyricum entwickelt sich makroskopisch nach einem Tag sehr üppig unter Gasbildung. Die Flüssigkeit trübt sich schwach bis stark mit Bodensatz, aber spätestens nach acht Tagen (manchmal nach drei Tagen) klärt sie sich wieder auf. Während sich die Flüssigkeit trübt, tritt fast niemals die Sporenbildung ein. Dieselbe zeigt sich frühestens nach vier Tagen, doch können bis zu ihrem Eintritt sieben Tage vergehen.

2. Bacillus oedematis maligni entwickelt sich ebenfalls ziemlich schnell unter Bildung von Gas und schleimigen Flocken; später trübt sich die Flüssigkeit schwach. Die Sporenbildung ist nach drei Tagen nachweisbar. Über 40 Tage alte Bouillonkultur ist klar mit Bodensatz; mikroskopisch findet man in ihr verschiedene Involutionsformen, manchmal fehlen Sporen.

1) Stephanidis, Archiv für Hygiene, Bd. 35, S. 1.

3. Bacillus sporogenes gedeiht schnell und üppig; die Flüssigkeit trübt sich sehr stark unter Gasbildung. Die Sporenbildung tritt aber erst nach vier Tagen ein.

4. Bacillus anthracis symptomatici wächst auch in 2 proz. Traubenzuckerbouillon sehr gut. Die Flüssigkeit trübt sich nach 1—2 Tagen stark, klärt sich jedoch wieder auf. Die Sporenbildung ist nach acht Tagen sichtbar.

5. Bacillus botulinus entwickelt sich sehr schnell und üppig; die Flüssigkeit trübt sich sehr stark unter Gasbildung, klärt sich jedoch nach 18 Tagen wieder auf. Die Sporenbildung ist erst nach 20 Tagen und dann noch selten nachweisbar.

b) Gewöhnliche und Glycerinkartoffelkultur (bei 34° C.).

1. Clostridium butyricum wächst auf beiden Kartoffeln ziemlich gut unter Gasbildung; die Sporenbildung tritt nach zwei Tagen ein.

2. Bacillus oedematis maligni entwickelt sich makroskopisch nicht und bildet unter Wasserstoff nach vier Tagen keine, nach 16 Tagen dagegen sehr zahlreiche Sporen.

3. Bacillus sporogenes bildet auf Kartoffeln eine kaum sichtbare, dünne, grauweifse Auflagerung mit Gasblasen. Nach 16 Tagen bildet er unter Wasserstoff noch keine sichtbaren Sporen.

4. Bacillus anthracis symptomatici wächst auf gewöhnlichen Kartoffeln gut, nach 16 Tagen ist Sporenbildung nachweisbar. Dagegen entwickelt er sich auf Glycerinkartoffeln nicht sichtbar und läfst mikroskopisch nur geringe Stäbchen ohne Sporen (nach 4—16 Tagen) erkennen.

c) 2 proz. Traubenzuckeragarstrichkultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum bildet auf 2 proz. Traubenzuckeragarstrichkultur schon nach einem Tage Sporen, während beim Bacillus oedematis maligni nach 60 Stunden, beim Bacillus anthracis symptomatici nach mehr als vier Tagen, beim Bacillus sporogenes und Bacillus botulinus erst nach fünf Tagen die Sporenbildung nachweisbar ist.

d) Gewöhnliche Gelatinekultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum und Bacillus oedematis maligni entwickeln sich nach einem Tag sehr üppig unter Gasbildung. Die Sporenbildung tritt jedoch erst nach zwei Tagen ein.

Bacillus sporogenes ist nach einem Tag makroskopisch nicht sichtbar, während mikroskopisch sehr zahlreiche, nicht sporentragende Stäbchen nachweisbar sind. Nach zwei Tagen bildet er viel Gas und Sporen.

Bacillus anthracis symptomatici ist nach einem Tag makroskopisch nicht sichtbar, während mikroskopisch zahlreiche Stäbchen und auch Sporen in geringer Menge nachweisbar sind. Nach zwei Tagen bildet er reichlich Gasblasen und Sporen.

Bacillus botulinus entwickelt sich schon nach einem Tag ziemlich üppig und bildet vereinzelte Sporen.

e) 2 proz. Traubenzuckergelatinekultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum bildet nach 18 Stunden schon geringe Sporen, während man makroskopische Entwicklung erst nach 24 Stunden bemerkt.

Bacillus oedematis maligni entwickelt sich schon nach 14 Stunden makroskopisch ganz deutlich und bildet ganz vereinzelte Sporen.

Bacillus sporogenes bildet nach 22 Stunden Sporen, während makroskopische Entwicklung erst nach 24 Stunden bemerkbar ist.

Bacillus anthracis symptomatici wächst ebenso schnell wie der Bacillus oedematis maligni; in einem Präparat waren 5 bis 8 Sporen und ziemlich viele Bacillen nachweisbar.

Bacillus botulinus ist mikroskopisch schon nach 14 Stunden nachweisbar, die Sporenbildung tritt aber erst nach 21 Stunden ein.

Aus diesen Versuchen ergibt sich die auffallende Thatsache, dafs die Anaëroben in 2 proz. Traubenzuckergelatine viel schneller Sporen bilden als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon. Warum erfolgt nun die Sporenbildung der Anaëroben in der Nährgelatine viel rascher als in Nährbouillon? Um diese Frage zu lösen, machte ich Versuche mit 2 proz. Traubenzuckerbouillon +

1—30 proz. Gelatine (sogen. 1—30 proz. Bouillongelatine), 0,2—2 proz. Agar (0,2—2 proz. Fleischpeptonagar), 10—30 proz. Gummiarabicum (10—30 proz. Gummilösung), 1—3 proz. Gummitragacantha (1—3 proz. Tragacanth-Lösung) oder 10 proz. Konbu (Konbudekokt). Ich stelle in der II. Tabelle die angeführten Resultate zusammen.

Bacillus oedematis maligni bildet in 5 proz. und 30 proz. Bouillongelatine, sowie 0,4 proz. Fleischpeptonagar ebenso schnell wie in 10 proz. Bouillongelatine, dagegen in 30 proz. Gummilösung viel langsamer als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon Sporen. In 0,2 proz. und 2 proz. Fleischpeptonagar, 10 proz. Gummilösung und 1 proz. Traganthlösung tritt die Sporenbildung etwas rascher als in Bouillon ein, während in 10 proz. Konbudekokt der Prozefs ebenso rasch, und zwar nach etwa drei Tagen erfolgt.

Bacillus anthracis symptomatici und Bacillus botulinus bilden in allen versuchten Nährböden die Sporen schneller als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon. In der Wassergelatine entwickelt Bacillus anthracis symptomatici sich nicht. In 5 proz. Bouillongelatine und 0,4 proz. Fleischpeptonagar tritt die Sporenbildung von beiden Bacillen ebenso schnell wie in 10 proz. Bouillongelatine oder 2 proz. Traubenzuckergelatine ein.

Die Sporenbildung des Bacillus sporogenes erfolgt in Konbudekokt, 0,4 proz. Fleischpeptonagar, 5 proz. und 10 proz. Bouillongelatine nahezu gleichzeitig und zwar nach einem Tag, während in 30 proz. Gummilösung und Wassergelatine die Sporenbildung ziemlich spät nachweisbar ist. Die übrigen Nährböden sind auch für die Sporenbildung des Bacillus sporogenes günstiger als 2 proz. Traubenzuckerbouillon.

Clostridium butyricum bildet in 1 proz. Bouillongelatine gerade so langsam Sporen wie in Bouillon, während die Sporenbildung in 5 proz. Bouillongelatine und 10 proz. Gummilösung ziemlich schnell, in 10 proz. Bouillongelatine und 0,4 proz. Fleischpeptonagar sehr schnell eintritt. In Wassergelatine, 30 proz. Bouillongelatine und 30 proz. Gummilösung tritt dagegen die Sporenbildung von Clostridium butyricum sehr langsam ein.

Aus den oben geschilderten Beobachtungen entnehmen wir die wichtige Thatsache, dafs die Anaëroben in dünnen und sehr dicken Nährflüssigkeiten sich sehr langsam entwickeln und langsam Sporen bilden, während in mäfsig dicken Nährflüssigkeiten die Sporenbildung sehr schnell erfolgt.

Man mufs nun die Frage beantworten, warum die Anaëroben in dünnflüssigen Nährmedien später Sporen bilden als in dickflüssigen, gallertartigen, obwohl die Qualität und Quantität des Nährstoffes anscheinend gleich sind. Es ergibt sich das aus dem bereits von Klebs für die Hefe hervorgehobenen Grunde. In einem dicken Medium häufen sich die Bakterien an einzelnen Stellen massenhaft an, verbrauchen hier rasch die Nahrung und gehen zur Sporenbildung über. In dünnflüssigen Medien, wo die Bakterien sich gleichmäfsig ausbreiten können und die Nährstoffe ungehindert diffundieren können, befinden sich die Bakterien viel länger in einer nahrungsreichen Umgebung und bilden daher sehr viel später Sporen. Benutzt man zwei Röhrchen, eines mit 0,2 proz. Fleischpeptonagar, in welchem einzelne, kleine, isolierte, geringe Agarflocken in klarer, dünner, wäfsriger Flüssigkeit suspendiert sind, und ein anderes mit 0,4 proz. Fleischpeptonagar, welches mit zahlreichen, kleinen oder grofsen Agarflocken in wäfsriger Bouillon angefüllt ist, so bilden die Bakterien in 0,4 proz. Fleischpeptonagar etwas schneller Sporen als in 0,2 proz. Fleischpeptonagar.

B. Der Einflufs der Quantität der Nährstoffe.

Nach Behring[1]) tritt bei dem Bacillus anthracis in unverdünntem Blutserum die Sporenbildung nicht ein, während in dem Blutserum von Rindern durch weitgehende Verdünnung mit sterilisiertem Wasser (1 T. Blutserum zu 40 T. aq. dest.) sehr reichlich und schnell Sporen gebildet werden; für den Harn ist Ähnliches gefunden worden.

Buchner[2]) sah, dafs der Milzbrandbacillus in 1 proz. Fleischextraktlösung nach 18 Stunden bei 36,5° C. noch keine Sporen

1) Behring, Beiträge zur Ätiologie des Milzbrandes, Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. VI, S. 125.

2) Buchner, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII.

bildet, während in 0,2 proz. Lösung Sporenbildung eingetreten war. Er schlofs aus diesen Versuchen, dafs in verdünnten Lösungen rascher Sporenbildung eintrete.

Schreiber schreibt über den Einflufs verschiedener Konzentration des Liebig'schen Fleischextrakts, des Traubenzuckers und Glycerins auf die Sporenbildung des Bacillus anthracis, subtilis und tumescens und gab folgende Zeitdauer für die Entwickelung der Sporen an:

Nährstoffe	Procent	Bacillus anthracis	Bacillus subtilus	Bacillus tumescens
Liebigs Fleischextrakt	0,5	78 Stunden	70 Stunden	70 Stunden
	5,0	58 »	60 »	68 »
	8,0	56 »	56 »	63 »
	12,0	80 »	56 »	55 »
	16,0	—	54 »	54 »
	23,0	—	50 »	70—84 »
	25.0	—	50 »	—
	40,0	—	68 »	—
	45,0	—	96 »	—
Traubenzucker	1,0	62 Stunden	62 »	58 Stunden
	5,0	60 »	68 »	65 »
	10,0	70 »	74 »	70 »
	15,0	74 »	65 »	68 »
Glycerin	1,0	56 »	58 »	54 »
	5,0	64 »	60 »	58 »
	10,0	—	62 »	60 »
	12,0	—	62 »	—

Stephanidis beobachtete die Bildung der Milzbrandsporen auf Wasseragar mit 1 bis $^1/_{50}$% Fleischextrakt. Aus seinen Versuchen schlofs er folgendes: Je konzentrierter der Nährboden war, um so rascher trat ceteris paribus die Sporenbildung ein. Bei $^1/_{50}$% und $^1/_{10}$% waren die Sporen nach 14 Stunden reif (früher wurde nicht untersucht), auf $^1/_5$% wurden nach 15 Stunden mehrfach reife Sporen beobachtet, auf $^1/_2$% nie nach 16 Stunden, nicht vor 20 Stunden. Das Wachstum auf schlechten Nährböden ist kümmerlich.

Wie verhält sich nun die Raschheit und Dichtigkeit (Intensität) der Sporenbildung bei wechselnden Mengen gleicher Nähr-

flüssigkeit, sowie auf Nährböden von verschiedener Konzentration an Nährstoffen?

Es soll die Bildung der Sporen beobachtet werden auf Nährböden mit wechselndem Gehalt an Nährsubstanz; ich benutzte dazu 10 proz. Wassergelatine oder Fleischpeptongelatine (teilweise Bouillon) von verschiedenem Gehalt an Fleischpepton, Traubenzucker und Glycerin.

Die Untersuchungen wurden nach folgenden Richtungen hin ausgeführt:

a. Der Einflufs der Menge gleicher Nährflüssigkeit.
b. Der Einflufs des Fleischpeptons.
c. Der Einflufs des Traubenzuckers.
d. Der Einflufs des Glycerins.

a) Der Einflufs der Menge gleicher Nährflüssigkeit.

Clostridium butyricum bildet in einem Röhrchen mit 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm bei 34° C. nach 18 Stunden Sporen, während in 100 ccm Gelatine (2 proz. Traubenzuckergelatine) erst nach vier Tagen geringe, in 250 ccm nach fünf Tagen noch keine, nach zehn Tagen geringe und nach 14 Tagen viele, in 900 ccm nach 23 Tagen sich noch keine Sporen bilden. Bei Zimmertemperatur bildet Clostridium butyricum in fester 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm, 800 ccm und 900 ccm ohne grofsen Unterschied nach 16 Tagen reichliche Sporen.

Bacillus sporogenes bildet ebenfalls in 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm bei 34° C. nach einem Tag Sporen, während in 250 ccm Gelatine erst nach 12 Tagen sehr langsam geringe Sporenbildung erfolgt.

Die Sporenbildung des Bacillus anthracis symptomatici erfolgt bei 34° C. in 30 ccm Gelatine nach 14 Stunden, in 100 ccm erst nach 3—4 Tagen, in 250 ccm nach 14 Tagen in sehr spärlicher Weise.

Aus dieser Beobachtung können wir folgendes schliefsen: Je gröfser die Menge der Nährflüssigkeit, desto langsamer die Sporenbildung.

b) Der Einflufs des Fleischpeptons.

Hierzu benutzte ich Wassergelatine mit verschiedenen Konzentrationen von Kochs Fleischpepton. Die gesamten Kulturen standen bei einer Temperatur von 34° C.

Aus der Tabelle III ersehen wir, dafs in Wassergelatine die Anaëroben sich langsam entwickeln und langsam Sporen bilden. Bacillus anthracis symptomatici wächst in Wassergelatine überhaupt nicht. In Wassergelatine mit geringerer Konzentration bis zu gewissen aufsteigenden Konzentrationen des Fleischpeptons entwickeln sich die Anaëroben allmählich üppiger, während die Sporenbildung allmählich später eintritt, weil in einer Gelatine, welche Fleischpepton in geringer Konzentration enthält, rascher der Mangel des Nährstoffes eintritt, als bei stärkerer Konzentration. In Gelatine mit sehr starkem Fleischpeptongehalt (ca. über 20% Fleischpepton) entwickeln sich die Anaëroben wieder langsam, weil überhaupt das Wachstum der Bakterien durch die höhere Konzentration verlangsamt wird.

c) Der Einflufs des Traubenzuckers.

Als Nährmedium habe ich hierzu Bouillon und Fleischpeptongelatine benutzt und eine bestimmte Quantität von Traubenzucker diesen beiden Urnährböden zugesetzt. Die Kulturen wurden ebenfalls im Brütschrank (34° C.) aufbewahrt.

Aus der Tabelle IV ersehen wir, dafs das Traubenzuckeroptimum beim Bacillus botulinus, sporogenes und oedematis maligni bei 10%, dem Bacillus anthracis symptomatici und Clostridium butyricum bei 8% liegt, hier tritt bei gleichmäfsiger Entwicklung die Sporenbildung sehr frühzeitig und intensiv auf. Bei über 55% Traubenzucker findet beim Bacillus botulinus, sporogenes und oedematis maligni kein Wachstum mehr statt, die Sporenbildung hört indessen schon bei 50% (beim Bacillus botulinus ca. 40%) auf. Für Clostridium butyricum liegt das Maximum des Wachstums bei 60%, das der Sporenbildung bei 55%. Der Bacillus anthracis symptomatici zeigt in 65% noch

ein sehr geringes Wachstum, nie habe ich aber über 60% Sporenbildung beobachten können. Die Sporenbildungen erfolgen in optimaler Konzentration bei 34° C. nach ca. 16 Stunden.

d) Der Einflufs des Glycerins.

Glycerin hat auf die Sporenbildung der Anaëroben sehr geringen Einflufs.

Der Bacillus oedematis maligni wächst in 5—10 proz. Glyceringelatine ziemlich langsam, und es findet eine makroskopische Entwicklung und Gasbildung erst nach 2—3 Tagen (bei 34° C.) statt. Die Sporenbildung erfolgt in 5 proz. Glyceringelatine nach 30 Stunden, in 10 proz. Glyceringelatine nach 48 Stunden.

Der Bacillus sporogenes entwickelt sich in 5—10 proz. Glyceringelatine nach 1—3 Tagen makroskopisch nicht, während mikroskopisch schon nach 16 Stunden spärliche Stäbchen, sogar in 10 proz. Glyceringelatine nach 24 Stunden einige Sporen und in 5 proz. Glyceringelatine erst nach 48—60 Stunden spärliche Sporen nachweisbar sind.

Der Bacillus anthracis symptomatici bildet in 5 proz. Glyceringelatine nach 16—24 Stunden schon Gas. Die Sporenbildung tritt aber erst nach 48—60 Stunden ein, während in 10 proz. Glyceringelatine sich nach einem Tage schon ein paar Sporen bilden.

Das Wachstum des Bacillus botulinus in 5—10 proz. Glyceringelatine ist schon nach 16 Stunden makroskopisch nachweisbar. Die Sporenbildung erfolgt in 10 proz. Glyceringelatine nach einem Tag, in 5 proz. Glyceringelatine nach 3—5 Tagen.

Clostridium butyricum entwickelt sich in 10 proz. Glyceringelatine viel üppiger als in 5 proz. Glyceringelatine und zwar findet in 10 proz. Glyceringelatine nach einem Tag ziemlich üppige Gas- und Sporenbildung statt. In 5 proz. Glyceringelatine entwickelt er sich sehr langsam und die Sporenbildung erfolgt erst nach 4—5 Tagen.

C. Der Einflufs von chemischen, nicht nährenden Substanzen.

Gewisse Substanzen wirken durch ihre chemischen Eigenschaften auf das Leben der Bakterien ein. Im allgemeinen wachsen die Bakterien am besten auf Substraten, die neutral oder

schwach alkalisch reagieren, trotzdem die Bakterien selbst infolge ihrer Lebensthätigkeit Säure oder Alkali bilden.

Nach Behring[1]) wird der Milzbrandbacillus in Bouillon, welche bei schwach saurer Reaktion die Sporenbildung gestattet, durch Zusatz von Säuren bis zu einem Gehalt = 1,25 ccm Normalsäure in 100 ccm und von Alkalien bis zu 3 ccm Normallauge in 100 ccm die Sporenbildung nicht beeinträchtigt, durch einige Mittel sogar gefördert. Bei Salzsäurezusatz bleibt sie aus bei einem Gehalt von 0,054 % = 1 : 1666 = ca. 1,5 ccm Normalsalzsäure in 100 ccm, bei Natronlauge bei einem Gehalt von 0,12 % = 1 : 830 = ca. 3,0 ccm Normallauge in 100 ccm, bei Ammoniak 0,098 % = ca. 1 : 1000.

Schreiber[2]) beobachtete, dafs eine geringe alkalische Reaktion das Wachstum der Bakterien befördert und die Sporenbildung eher eintreten läfst. Das Optimum von Natrium carbonicum liegt für den Bacillus anthracis bei 0,5—1,0 %, für den Bacillus subtilis und tumescens aber um etwas höher, bei 2,0 %; das Maximum dagegen bei ersterem Spaltpilz bei 3,0 %, bei den letzten beiden bei 5,0 %. Bacillus anthracis kann 0,3 %, der Bacillus subtilus und tumescens bis zu 1,0 % Weinsäure vertragen. — Die Wirkungen, welche ein Zusatz von Natrium chloratum zur Nährflüssigkeit, bezüglich des Wachstums und der Sporenbildung hervorruft, sind hauptsächlich verzögernde, aufserdem kommen noch bei Konzentration über 4 proz. Plasmolyse und bei dem Bacillus subtilis und tumescens Aufhören des Schwärmstadiums und der Hautbildung hinzu. Die höchsten Konzentrationen, welche von den Bakterien vertragen werden, sind für den Bacillus anthracis 4 %, für den Bacillus subtilis und tumescens 7 %, doch treten dabei überall verkümmerte Stäbchen und Involutionsformen auf.

Buchner beobachtete, dafs ein gewisser Gehalt an Kochsalz in der schwach alkalischen Lösung von 0,2 proz. Fleischextrakt und 0,2 proz. Pepton entschieden die Entwicklung der Sporen des Milzbrandbacillus beschleunigt. Bei einem Zusatz von

---

1) Behring, Zeitschrift für Hygiene, Bd. VI, S. 127.

2) Schreiber, Centralblatt für Bakteriologie etc. Bd. 20, S. 431.

2 % Kochsalz war die Vermehrung geringer, nach 24 Stunden aber die Sporenbildung vollendet, während bei keinem Zusatz von Kochsalz starke Vermehrung, jedoch erst nach 30 Stunden die Sporenbildung nachweisbar ist. Bei einem Zusatz von 4 % Kochsalz bildet er nach 48 Stunden Sporen. Bei 6 % Kochsalz bleibt ihre Bildung aus.

Da verschiedene Eigenschaften der chemischen Stoffe in Betracht kommen, will ich folgende zwei Fragen untersuchen:

a) Den Einflufs von Säure und Alkali.

b) Den Einflufs des Kochsalzes.

a) Der Einflufs von Säure und Alkali.

Alle meine Untersuchungen wurden bei neutraler Reaktion des Nährbodens ausgeführt. Im Folgenden soll nun geprüft werden, inwieweit die alkalische oder saure Reaktion das Wachstum und die Sporenbildung beeinflussen.

Um die alkalische und saure Reaktion in verschiedener Stärke zu erhalten, habe ich einer neutralen 2 proz. Traubenzuckergelatine Natrium carbonicum oder Acidum hydrochloricum in Konzentration von 0,1—1,5 % zugesetzt (s. Zubereitung der Nährböden). Alle Kulturen wurden bei 34° C. aufbewahrt. Der Versuch zeigte, dafs eine geringe alkalische oder saure Reaktion das Wachstum befördert und die Sporenbildung eher eintreten läfst.

Vermehrt man nun aber den Zusatz eben derselben Mittel, so tritt die Sporenbildung zuerst langsamer und unregelmäfsiger ein, schliefslich bleibt sie vollständig aus und zwar bei einem Zusatz, der die Schnelligkeit und Reichlichkeit des Wachstums noch nicht erheblich beeinträchtigt.

Bei Salzsäurezusatz bleibt die Sporenbildung des Bacillus oedematis maligni, Bacillus anthracis symptomatici, Bacillus botulinus und Clostridium butyricum aus bei einem Gehalt von 0,25 %, während bei einem Gehalt von 0,1—0,15 % makroskopisch deutliche Entwicklung und Gasbildung, von 0,2—0,25 % mikroskopische Entwicklung nachweisbar ist. Das Wachstum hört bei über 0,3 % auf. Bacillus sporogenes bildet bei einem Gehalt von

0,1—0,15 % ziemlich zahlreiche Gasblasen und Sporen. Bei über 0,15 % bildet Bacillus sporogenes keine Sporen, während bei einem Zusatze bis zu 0,25 % dieselben sich nur vereinzelt noch entwickeln.

Bei Zusatz von Natrium carbonicum liegt das Optimum und Maximum noch höher als bei Salzsäurezusatz. Die genaueren Resultate sind in Tabelle V zusammengestellt.

Bei Sodazusatz hört das Wachstum von Clostridium butyricum bei einem Gehalt von 17 % vollständig auf, bei 15 % erfolgt noch mikroskopisches Auswachsen, aber keine Sporenbildung, während dieselbe bei 10 % noch nicht beeinträchtigt ist. Das Wachstum des Bacillus sporogenes hört bei 17 % auf, bei 12—15 % sieht man mikroskopische Entwicklung; die Sporenbildung blieb aber bei 10—15 % gänzlich aus. Das Wachstum des Bacillus anthracis symptomatici und Bacillus oedematis maligni hört bei 20 % auf, bei über 15 % war keine Spur von Sporenbildung mehr vorhanden. Die Sporenbildung des Bacillus botulinus hört bei 17 % auf, während bei 20 % die Entwicklung noch nachweisbar ist.

Endlich wurde noch der Einflufs von Eikonogen, Hydrochinon und Pyrogallussäure auf die Vegetation der Bakterien untersucht.

Wie bereits erwähnt, schreibt Nakagawa, dafs bei gewöhnlichen Nährböden die Zugabe von 1—2 % Traubenzucker, 4 bis 5 % Glycerin, 0,1 % Pyrogallussäure, 0,1 % Hydrochinon und 0,1 % Eikonogen sehr begünstigend auf das Wachstum der Anaëroben, besonders des Tetanusbacillus eingewirkt haben soll. Ich habe auch mit Pyrogallolbouillon (s. Zubereitung der Nährböden) Untersuchungen angestellt, fand aber keinen Unterschied von gewöhnlicher Bouillonkultur. Alle 5 Anaëroben entwickeln sich in Pyrogallolbouillon bei 34 ° C sehr langsam und nicht üppig; die Sporenbildung erfolgt für Bacillus oedematis maligni, Bacillus anthracis symptomatici, Bacillus sporogenes und Clostridium butyricum erst nach 8 Tagen, für Bacillus botulinus erst nach 9 Tagen.

Aber nicht blofs bei Säuren und Alkalien läfst sich die Aufhebung der Sporenbildung durch den Zusatz solcher Mengen nachweisen, welche die Entwicklung noch nicht merklich hemmen;

das Gleiche habe ich auch für eine Reihe anderer Substanzen, z. B. Traubenzucker, Kochsalz u. a. konstatieren können.

Den Einfluſs des Traubenzuckers und anderer Substanzen auf das Wachstum und die Sporenbildung habe ich schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt; ich will daher hier nur über den Einfluſs des Kochsalzes einiges bemerken.

b) Der Einfluſs des Kochsalzes.

Meine Untersuchungen wurden mit Fleischextraktwasser oder Fleischpeptongelatine unter Zusatz von 0—10 % Kochsalz angestellt. Die Kulturen werden immer bei 34 ° C. aufbewahrt.

Aus der Tabelle VI ersehen wir, daſs das Optimum der Sporenbildung für Bacillus sporogenes, Bacillus oedematis maligni und Clostridium butyricum bei 0,25 %, für Bacillus botulinus bei 0,25—0,5 %, für Bacillus anthracis symptomatici bei 0,25 oder 0,75% liegt. Das Maximum läſst sich nicht genau bestimmen, weil trotz der sorgfältigsten Behandlung die Resultate in den verschiedenen Versuchen stets ungleich ausfielen. Das Maximum liegt ungefähr für Bacillus oedematis maligni bei 7%, für Bacillus anthracis symptomatici bei 6,5%, für Bacillus sporogenes bei 5%, für Bacillus botulinus bei 2%, oder 5%, bei 5% ist die Sporenbildung des Bacillus botulinus aber unregelmäſsig, für Clostridium butyricum bei 2% oder 4%, wenn auch unregelmäſsig. Das Wachstums-Maximum liegt für Clostridium butyricum bei 6,5%, für Bacillus botulinus, Bacillus sporogenes und Bacillus anthracis symptomatici bei 7%, für Bacillus oedematis maligni bei 7,5%.

Diese 5 Anaëroben bilden in kochsalzhaltigen Nährböden sehr spärliche Involutionsformen, doch sind bei Clostridium butyricum ziemlich häufig verschiedene veränderte Formen nachweisbar.

2. Der Einfluſs des Sauerstoffes.

Nach ihrem Verhalten zum Sauerstoff pflegt man die Bakterien in 3 Klassen zu bringen: Obligate Aëroben, obligate Anaëroben und fakultative Anaëroben.

Für die Aëroben ist der Sauerstoff ein unentbehrliches Lebenselement und muſs als solches unter allen Umständen auch

für die Fortpflanzung Bedeutung haben. Bei obligaten Anaëroben findet nur bei vollkommenem Sauerstoffabschlufs das Wachstum statt; doch hat Kitt den Bacillus oedematis maligni bei Luftzutritt kultiviert.

Nach Koch[1]) vermehren sich die Milzbrandbacillen im Blut und in den Gewebesäften des lebenden Tieres durch Verlängerung der einzelnen Stäbchen und darauf folgende Querteilung; jedoch findet man im lebenden Körper immer nur ganz kurze Fäden, die nur aus einigen wenigen Gliedern bestehen. Im Blute des toten Tieres oder in geeigneten Nährflüssigkeiten wachsen die Bacillen meist zu langen Fäden aus, unter Bildung zahlreicher Sporen. Diese Sporenbildung soll aber nur bei Luftzutritt und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen vor sich gehen.

Nach Buchner[2]) hat der Sauerstoff keine besondere Bedeutung für diesen Prozefs bei Bacillus anthracis, und das ist insoweit richtig, als der Sauerstoff nicht die Rolle des auslösenden Reizes versieht, wie der Nahrungsmangel. Anderseits ist für die Sporenbildung nach den Angaben von Schreiber mehr Sauerstoff nötig als für das Wachstum. In Reagenzröhrchen von 150 mm Höhe und 15 mm Durchmesser, die mit Watte verschlossen sind, entscheidet die Höhe der angewandten Flüssigkeitssäule darüber, ob Sporen ausgebildet werden oder nicht. Bei einer Höhe der Nährlösung von ca. 3,7 cm, 7,5 cm und 11 cm geht bei einer Temperatur von 30° C. die Auskeimung der Sporen von Bacillus anthracis und die Entwicklung der Milzbrandwolke gleichmäfsig vor sich. Aber, während sich in den Fäden des Gläschens, welches eine Höhe der Nährflüssigkeit von ca. 3,7 cm hat, nach 54 Stunden Sporen gebildet haben, zeigen die der anderen Gefäfse nichts davon. Erst nach 3 Tagen sind in den oberflächlichen Fäden aus der 1,5 cm hohen Flüssigkeitssäule einzelne Sporen nachzuweisen, eine vollständige Sporenbildung

1) Koch, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit, begründet auf die Entwicklungsgeschichte des Bacillus anthracis. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, S. 227, 1877.

2) Buchner, Centralblatt für Bakteriologie Bd. VIII, S. 5, 1890.

tritt jedoch nicht ein. Bei einer Höhe der Nährflüssigkeit von ca. 11 cm findet die Sporenbildung bei Bacillus anthracis niemals statt, sondern es zerfallen die Fäden nach 5 Tagen körnig und sterben ab. Gleiche Resultate erhielt Schreiber bei der Untersuchung des Bacillus subtilis und tumescens. Wenn man anstatt des Watteverschlusses einen solchen mit Kork und Paraffin verwendet, müssen zum Ablauf der normalen Entwicklung für den Bacillus subtilis mindestens 3 ccm Luft über der Flüssigkeitssäule sich befinden, für den Bacillus tumescens sind sogar 5 ccm nötig. Von Cohn[1]) u. a. ist es für Bacillus subtilis beobachtet worden, dafs die anfangs in der Flüssigkeit umher schwärmenden Zellen zur Zeit der Sporenbildung sich an der Oberfläche der Kultur ansammeln. Sie suchen hier den höheren Sauerstoffdruck auf, der für die Sporenbildung besonders günstig ist.

Weil beobachtete Sporenbildung beim Bacillus anthracis bei Luftabschlufs (unter Wasserstoff), wenn gewisse Substrate, wie festes Schafblutserum mit 25% Traubenzuckerbouillon, 10% Weizenauszug, 5% Quitten- und Eibischschleim, ferner Kartoffelscheiben angewandt wurden, während in Kulturen mit Bouillon, Gelatine, Agar etc. immer nur Wachstum eintrat.

In einer neuen Untersuchung hat auch Klett[2]) den Einflufs des Sauerstoffes besprochen. Er sagt, dafs erstens die Sporenbildung des Milzbrandbacillus nicht an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden ist, da die Milzbrandbacillen in einer Stickstoffatmosphäre sowie in Büchnerschen Röhren reichlich Sporen bilden, dafs zweitens die Sporenbildung der Milzbrandbacillen bei ihrer Züchtung im Wasserstoff unterbleibt, weil letzterer einen schädigenden Einflufs auf ihre Entwicklung ausübt.

Im Gegensatz zu einer Ansicht von Klett schreibt Jacobitz[3]), dafs der Milzbrandbacillus in reiner Stickstoffatmosphäre bei Beobachtung strenger Anaërobiose keine Dauerformen bildet,

---

1) Cohn, Ref. System der Bakterien von Migula Bd. I, S. 175.

2) Klett, Die Sporenbildung des Milzbrandes bei Anaërobiose. Zeitschrift für Hygiene Bd. XXXV, S. 420.

3) Jacobitz, Die Sporenbildung des Milzbrandes bei Anaërobiose. Centralblatt für Bakteriologie Bd. XXX, S. 232.

wenigstens nicht bei Anwendung des Agar-Agars als Nährboden, und dafs auf diesem nur bei Anwesenheit von Sauerstoff Sporen entstehen. Der Stickstoff verhält sich also nicht anders als der Wasserstoff, und es liegt kein Grund vor, letzteren im Gegensatz zu dem ersteren als ein differentes, einen schädigenden Einflufs auf die Entwicklung des Bacillus anthracis ausübendes Gas hinzustellen.

Migula schreibt in seinem »System der Bakterien« Bd. I., S. 175, dafs die Tetanusbacillen in den Wunden immer in Sporenbildung begriffen sind, was auf einen Einflufs der Luft auf den Prozefs hindeutet. Auch die fakultativ anaëroben Bakterien scheinen ihre Sporen nur bei Luftzutritt ausbilden zu können. Pfeffer[1]) vermutet auch, dafs die Anaëroben durch Sauerstoffzutritt zur Sporenbildung veranlafst werden.

Bezüglich der Einwirkung des Sauerstoffdruckes auf das Wachstum einiger Pflanzen haben Wieler[2]) (Phanerogamen), Klebs[3]) (Algen und Pilze) und andere nachgewiesen, mit wie geringen Sauerstoffmengen noch Wachstum möglich ist. Klebs schliefst, dafs das Minimum des Sauerstoffdruckes für die Fortpflanzung höher als für das vegetative Wachstum liegt.

Bisher fehlen genaue Untersuchungen über den Einflufs des Sauerstoffdruckes auf das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien.

Um diese interessante Frage nach dem Maximum des Sauerstoffdruckes für die Sporenbildung zu lösen, machte ich nun mit obligaten Aëroben, fakultativen Anaëroben und obligaten Anaëroben Versuche unter Wasserstoff und im Vacuum.

A. Das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien unter Wasserstoff.

a) Obligate Aëroben.

Wie einige Autoren angeben, kann die Sporenbildung bei manchen Bakterien auf einem passenden Nährboden eintreten,

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. 2, II. Auflage, S. 135, Leipzig 1901.

2) Wieler, Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen Bd. I, S. 194.

3) Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

während eine solche auf den gewöhnlichen gebräuchlichen Nährmedien nicht erfolgt. Der Bacillus der blauen Milch bildet z. B. nach Migula auf zähem Althalaschleim und Quittenschleim sehr schöne Sporen, während solche weder auf Nähragar noch in Nährgelatine erhalten werden konnten. Ich habe infolgedessen, um das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien unter Wasserstoff zu untersuchen, sehr verschiedenes pflanzliches und tierisches Nährmaterial in Reagenzgläsern nach der bereits oben beschriebenen Methode, ein anderes Mal auch in Petrischen Schalen, die offen in der Glocke auf dem Teller der Wasserstromluftpumpe standen, benutzt. Die Resultate waren aber immer negativ; es zeigten nämlich der Bacillus anthracis, subtilis, mycoides, implexus, vulgatus, vulgatus ruber und pseudobutyricus in sämtlichen Nährböden makroskopisch absolut keine Entwicklung, mikroskopisch waren nach 1—4 Tagen von der Originalkultur übertragene, sehr geringe Stäbchen in normaler Form oder im Involutionsstadium (besonders auf Kartoffeln bilden sie rasch Involutionsform) aufzufinden; später zerfielen die Stäbchen körnig und starben ab; es hatten sogar von der Originalkultur übertragene Stäbchen in allen Nährböden unter Wasserstoff niemals Sporen gebildet. Bei fortgesetzter Züchtung in Wasserstoff, auch bei einem reichlich sporenhaltigen Ausgangsmaterial, verliert die Kultur, je nach Wahl des Nährbodens, bald früher, bald später ihre Sporen aus nicht näher bekannten Gründen.

Nach meinem Befunde mufs Wasserstoff für das Wachstum und die Sporenbildung der Aëroben nicht geeignet sein, weil oben genannte sieben Aëroben unter Wasserstoff weder Wachstum noch Sporenbildung zeigten.

b) Fakultative Anaëroben.

Bei meinen Versuchen bildeten der Bacillus brevis (Bacillus lactis Nr. I Flügge) und Bacillus X unter Wasserstoff ebenfalls Sporen, während Migula die Sporenbildung von anderen fakultativen Anaëroben nur bei Luftzutritt beobachtet hat. Die fakultativen Anaëroben bilden unter Wasserstoff viel langsamer Sporen

als bei Luftzutritt; ich fand nämlich bei Luftzutritt in 2 proz. Traubenzuckergelatine bei 34° C. nach 1—2 Tagen zahlreiche Sporen, während unter Wasserstoff nach ca. 9—10 Tagen nur geringe Sporenbildung erfolgte. In 2 proz. Traubenzuckerbouillon-Kultur von beiden Bacillen fand ich unter Wasserstoff üppige Entwicklung, aber keine Sporenbildung (nach 16 Tagen). Bei Zusatz von irgendwie das Wachstum hemmenden Substanzen tritt die Sporenbildung sehr schnell ein. In der 0,15 proz. Säuregelatine bilden z. B. beide Bacillen unter Wasserstoff bei 34° C. schon nach 24 Stunden vereinzelte Sporen. Die Resultate meiner Untersuchung sind in Tabelle VII enthalten.

c) Obligate Anaëroben.

Aus Tabelle I—VI u. a. ersehen wir, dafs fünf obligate Anaëroben nicht nur unter Wasserstoff, sondern auch bei Luftzutritt Sporen bilden. Bei Luftzutritt erfolgt die Sporenbildung sehr rasch, z. B. in 2proz. Traubenzuckerbouillon unter Wasserstoff beim Bacillus ödematis maligni nach 3 Tagen, beim Bacillus sporogenes und Clostridium butyricum nach 4 Tagen, beim Bacillus anthracis symptomatici nach 8 Tagen, beim Bacillus botulinus nach 20 Tagen, während bei Luftzutritt erstere 4 Bakterien nach 1 Tage, letztere nach 2—3 Tagen Sporen bilden. Die Raschheit der Sporenbildung von Anaëroben zeigt bei Luftzutritt auf verschiedenen Nährmedien einen sehr geringen oder fast keinen Unterschied; dagegen hängt die Intensität der Sporenbildung von der Stärke ihres Wachstums ab, d. h. in üppig gewachsener Kultur findet reichlichere Sporenbildung statt, als in einer geringer entwickelten, weil eine üppig gewachsene Kultur eine gröfsere Anzahl von Bakterien enthält als eine weniger entwickelte. Es scheint, dafs der Nährstoffmangel in der Umgebung daher hier mit der Veranlassung der Sporenbildung fast nichts zu thun hat, sondern der mafsgebende Faktor unter diesen Umständen der Sauerstoff ist. Nun mufs man die Frage aufwerfen, warum Sauerstoff bei der Sporenbildung der Anaëroben eine grofse Rolle spielt, d. h. warum die Anaëroben bei Luft-

zutritt schnell Sporen bilden, obgleich der Nährboden viel Nahrung enthält. Es liegt nahe, für das Verständnis folgende Umstände in Betracht zu ziehen:

1. Die Anaëroben vermehren sich bei Luftzutritt nicht, weil sie wahrscheinlich keinen Nährstoff aufnehmen können. Deshalb tritt hier der Nährstoffmangel sofort ein, obgleich die Nährböden an Nahrung reich sind.

2. Neben der Hemmung der Nährstoffaufnahme (oder Nährstoffmangel) reizt möglicherweise der Sauerstoff direkt zur Sporenbildung.

3. Nach den beobachteten Thatsachen wirkt der Sauerstoff auf die Fähigkeit der Sporenbildung nicht schädlich ein, während er für die Vermehrung der Stäbchen (Anaëroben) schädlich ist.

B. Das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien im Vacuum.

Wie Tabelle VIII zeigt, hört die Sporenbildung des Bacillus anthracis und mycoides bei einem Drucke von 32,1 mm, also bei einem Sauerstoffgehalt von ca. 26,2 ccm in 2950 ccm Glockenrauminhalt gänzlich auf, während sie bei einem Drucke von 49 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 36,5 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) noch wahrgenommen werden konnte. Bei dem Bacillus subtilis liegt die Grenze noch höher: bei einem Drucke von 49 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 36,5 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) bildet er keine Sporen.

Die Grenze für das Wachstum des Bacillus anthracis, mycoides und subtilis liegt äufserst niedrig, und es erscheint sehr wahrscheinlich, dafs im luftleeren Raum bei einem Drucke von 0,0 mm noch spärliche Entwicklung vorhanden ist.

Diese drei Aëroben entwickeln sich bei einem Drucke von 60 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 43 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) nach 2 Tagen bei Zimmertemperatur sehr üppig; wenn man danach in die Glocke 2413 ccm reinen Wasserstoffs einleitet, tritt die Sporenbildung beim Bacillus anthracis nicht mehr

ein, während Bacillus mycoides und subtilis noch zahlreiche Sporen bilden (s. Versuch Nr. 910, 930 und 990).

Fakultative Anaëroben (Bacillus brevis und X) lassen bei verschiedenem Sauerstoffgehalt keine besondere Einwirkung erkennen.

Fünf Anaëroben entwickeln sich bei einem Luftdruck von 12,4 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 9,02 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) nicht, und die Vermehrung ist erst bei einem wahrscheinlichen Sauerstoffgehalt von unter ca. 0,008 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt nachweisbar. Wie ich oben öfters erwähnt habe, tritt die Sporenbildung der Anaëroben bei normalem Luftdruck schnell ein; dagegen erfolgt die Sporenbildung der Anaëroben bei niederem Luftdruck, sowie in Wasserstoff sehr langsam. Bringt man z. B. eine bei 34° C. gewachsene, 4 Tage alte 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur von Anaëroben in das Vacuum bei einem Drucke von 167 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 98 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) und bei Zimmertemperatur, so tritt die Sporenbildung bei Bacillus sporogenes und ödematis maligni erst nach 9 Tagen, beim Clostridium butyricum nach 12 Tagen, beim Bacillus botulinus und Bacillus anthracis symptomatici nach 13 Tagen ein, während bei normalem Luftdruck nach ca. 2 Tagen, unter Wasserstoff nach ca. 28 Tagen die Sporenbildung nachweisbar ist (vgl. Tabelle XI).

In der Tabelle VIII zeige ich nur die wichtigsten Resultate. Die mit Bacillus botulinus, sporogenes, ödematis maligni und anthracis symptomatici erzielten Resultate stimmen mit dem Clostridium butyricum fast überein.

Aus diesen Beobachtungen ersehen wir, dafs im luftleeren Raume die Aëroben keine, die fakultativen und obligaten Anaëroben üppige Sporen bilden, und dafs bei normalem Luftdrucke die Sporenbildung der Bakterien schneller erfolgt als bei geringem Luftdrucke.

Anhang.

Kulturversuch von Anaëroben mit Hilfe von Aëroben bei Gegenwart von Sauerstoff.

Wie bereits erwähnt, sahen Kedrowski, Scholtz u. a. bei Luftzutritt die Entwicklung von einigen Anaëroben in Mischkultur mit Aëroben. Von demselben Prinzip ausgehend, versuchte ich die Kultur der Anaëroben auch in gewöhnlicher Weise bei Luftzutritt. Als Aërobe verwandte ich hierzu den Bacillus typhosus, Bacillus coli communis, Bacillus acidi lactici, Bacillus proteus vulgaris, Bacillus proteus Zopfii, Bacillus prodigiosus, Bacillus pyocyaneus, Bacillus fluorescens liquefaciens, den theebraunfarbenen Bacillus, Bacillus rubefaciens pyogenes, Bacillus pituitosus, Bacillus odoratus, Bacillus aerophilo similis, Bacillus lactis innocuus, Bacillus lateritium, Bacillus coli non fervoris, Bacillus annulatus aureus, Bacillus aus Eiter, Vibrio cholerae asiaticae, Vibrio Metschnikowii, Mikrococcus tetragenes.

A. In 2proz. Traubenzuckerbouillon (bei 34° C.).

Von drei verschiedenen Probierröhrchen wird in das eine — *a* — das aërobe Bakterium gesät, in das andere — *b* — gleichzeitig das aërobe und anaërobe zusammen. Es wurde noch ein drittes Gläschen — *c* — benutzt und nur mit der anaëroben Art infiziert, sodann in gewöhnlicher Weise dem Luftzutritt ausgesetzt; aber niemals fanden sich im Probierröhrchen *c* irgendwelche Spuren einer Entwicklung.

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs das Wachstum der Bakterien in Bouillon sich verschieden äufsert, indem dieselbe klar bleibt, oder spurweise, schwach, mäfsig stark oder stark getrübt wird und sich auf ihr Häutchen entwickeln kann.

Wie Kedrowski habe ich auch im Probierröhrchen *b*, welches mit den Aëroben und Anaëroben zusammen inficiert wurde, immer eine Entwicklung und Sporenbildung der Anaëroben und gleichzeitig die Entwicklung der Aëroben gesehen. Die Raschheit und Dichtigkeit (Intensität) der Sporenbildung und Entwicklung der Anaëroben zeigen bei einer Mischbouillonkultur mit verschiedenen Aëroben, welche in Bouillon verschieden wachsen, nicht so grofse

Unterschiede, doch wachsen sie im allgemeinen schneller und stärker in stark getrübter als in klar bleibender Bouillon von Aëroben; ich fand sogar bei klar bleibender Bouillon ziemlich oft Sporenbildung und Entwicklung von Anaëroben nicht in der Flüssigkeit, sondern nur im Bodensatz. Wenn einmal stark oder mäfsig getrübte Bouillonkultur sich in den nächsten Tagen, während die Anaëroben sich noch nicht entwickeln, aufklärt, so findet die Entwicklung der Anaëroben nicht in der Flüssigkeit, sondern nur im Bodensatz statt.

In der Regel findet in Mischkulturen von Aëroben und Anaëroben zuerst die Entwicklung der Aëroben statt; bei der mikroskopischen Untersuchung sind die Anaëroben immer in geringerer Anzahl vorhanden als die Aëroben.

Ferner entwickeln sich die Anaëroben bei Anwendung dieser Mischkultur viel mehr in tieferen Schichten, besonders in Niederschlag, als an der Oberfläche.

Die genaueren Resultate stellte ich übersichtlich in der Tabelle IX zusammen.

B. Auf Schräg-Traubenzuckeragar (bei 34° C.).

Die Versuche wurden genau in der gleichen Weise wie von Kedrowski ausgeführt: Ich legte die Röhrchen im Brutschrank horizontal, so dafs das Kondenswasser teilweise über die Agaroberfläche hinwegflofs. Wie Kedrowski beobachtet hat, erfolgt eine üppige Entwicklung der Anaëroben an den nassen Stellen, während an den trockenen nur die Aëroben zur Vermehrung gelangen. In der Regel entwickeln sich die Anaëroben in Mischkultur mit den, einen dicken Belag bildenden und schnell wachsenden Aëroben schneller und üppiger als mit solchen, die nur einen dünnen Belag bilden und langsam wachsen (siehe Tabelle X).

C. In abgetöteter Aërobenkultur und dem Filtrat der Aërobenbouillonkultur.

In ähnlicher Weise wie Kedrowski u. a. habe ich auch die Agarkultur von verschiedenen Aëroben nach der Verdunstung des Kondensationswassers durch Chloroformdämpfe vollständig

abgetötet, hierauf 2proz. Traubenzuckerbouillon zugegossen und endlich mit fünf anaëroben Arten geimpft; hernach wurden sie bei Luftzutritt in den Brütofen gestellt. Sämtliche Kulturen waren steril. Eine nochmalige Wiederholung des Versuches verlief gleichfalls resultatlos. Jedoch habe ich in einzelnen Fällen mikroskopisch spärliche, gefärbte Sporen von Anaëroben gefunden, trotzdem keine Stäbchen mehr vorhanden waren. Derartige Sporen stammen wahrscheinlich von der Originalkultur her, oder es haben die Stäbchen der Originalkultur wegen des Luftzutrittes Sporen gebildet.

Weitere Versuche machte ich sodann, indem ich die Bouillon als Nährboden verwandte. 2—6 Tage alte Aërobentraubenzuckerbouillonkultur wurde durch Kochen im Dampftopf sterilisiert. Nach der Impfung mit Anaëroben wurden sie in den Brütofen gestellt. Die Kulturen ergaben ebenfalls immer ein negatives Resultat.

Einige letzte Versuche mit Filtration von 2—6 Tage alter Aërobentraubenzuckerbouillonkultur ergaben bei Luftzutritt auch immer negative Resultate, während ich unter Wasserstoff ein positives Resultat erzielte (siehe oben).

Nach den Beobachtungen mufs ich mich teilweise in Gegensatz zu Kedrowski stellen, weil die Anaëroben sich in abgetöteter Aërobenkultur und dem Filtrat der Aërobenbouillonkultur bei Luftzutritt nicht entwickeln, während sie sich in Mischkultur mit lebenden Aëroben ziemlich gut vermehren. Es wird nicht, wie Kedrowski meint, von den Aëroben ein Ferment gebildet, welches die Anaëroben auch bei Anwesenheit von Sauerstoff gedeihen läfst, sondern nur die Aufzehrung des Sauerstoffes durch die Aëroben macht den Bakteriengemischen der Anaëroben die Existenz möglich.

3. Der Einflufs der Temperatur.

Im Jahre 1876 beobachtete Cohn[1]) schon den Einflufs der Temperatur auf die Sporenbildung beim Bacillus subtilis:

1) Cohn, Beitrag zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 2 S. 271.

1. Bei einer Temperatur von 47—50° C. vermehren sich die Bacillen noch lebhaft und gelangen in normaler Weise zur Haut- und Sporenbildung.

2. Bei einer Temperatur zwischen 50 und 55° C. hört die Vermehrung und Entwicklung der Bacillen auf, sie bilden bei dieser Temperatur weder Häute noch Sporen, die schwärmenden und die wachsenden Fäden werden getötet, die Sporen dagegen behalten längere Zeit (mindestens 17 Stunden) ihre Keimfähigkeit.

Nach Schreiber beträgt das Temperaturmaximum für die Sporenbildung des Bacillus anthracis und Bacillus temescens auf 1% Liebigsche Fleischextraktlösung mit 1% Pepton 42° C., während dasselbe beim Bacillus subtilis 47° C. beträgt. Nach demselben liegt das Temperaturminimum der Sporenbildung beim Bacillus anthracis bei 14° C., beim Bacillus tumescens bei 12° C., beim Bacillus subtilis bei 10° C.

Für die Sporenbildung des Bacillus anthracis hält Baumgarten[1]) 30° C. für die günstigste Temperatur; bei Temperaturen von 34° C. bleibt nach demselben Autor dieselbe sogar unter den günstigsten Bedingungen aus. Behring[2]) fand dagegen, dafs in einer mit Pepton und Kochsalz versetzten, schwach alkalisch gemachten Bouillon noch bei 36° C. nach 16stündigem Stehen im Brütschrank sehr reichliche Sporenbildung stattfindet. Weil fand bei Bacillus anthracis Sporenbildung in Bouillon, Agar, Gelatine, Blutserum, Kartoffel, Weizenschleim, 2proz. Kochsalzwasser, destilliertem Wasser etc. Dieselbe erfolgte:

bei	12—13°	C.	nach	72—108	Stunden	oder keine Sporenbildung.
»	18°	»	»	48—50	»	
»	24°	»	»	36	»	
»	31°	»	»	15—16	»	
»	35°	»	»	14—16	»	
»	37°	»	»	15—16	»	
»	38—39°	»	»	18	»	
»	42°	»	»	36	»	oder keine Sporenbildung.

1) Baumgarten, Lehrbuch der pathologischen Mykologie 1890.

2) Behring, Beiträge zur Ätiologie des Milzbrandes Zeitschrift für Hygiene Bd. VI, S. 126 und Bd. VII, S. 171.

Schreiber fand beim Bacillus subtilis in einer Nährlösung von 1 proz. Liebigschen Fleischextrakt mit 1 % Pepton die Sporenbildung:

bei	10° C.	nach	14	Tagen,
»	12° »	»	14	»
»	14° »	»	12	»
»	15° »	»	8	»
»	20° »	»	96	Stunden,
»	25° »	»	80	»
»	30° »	»	55	»
»	34° »	»	45	»
»	37° »	»	36—40	»
»	40° »	»	36	»
»	42° »	»	34	»
»	45° »	»	30—34	»
»	47° »	»	36	»
»	50° »	keine Sporenbildung.		

Über das Verhältnis der Optima für das Wachstum und die Sporenbildung läfst sich wenig aussagen. Es scheint, dafs bei manchen Bakterien die Optima für Wachstum und Sporenbildung fast zusammenfallen (Flügge, Kitasato, Schreiber, Weil).

Alle Erfahrungen berücksichtigend, die ich im Laufe der Arbeit gemacht habe, stellte ich nun in Tabelle XI und XII eine ganze Reihe Versuche über den Eintritt der Sporenbildung bei verschiedener Temperatur zusammen.

Der Einflufs der Temperatur auf das Zustandekommen der Sporenbildung ist nur sehr gering anzuschlagen.

Vor allem hat die Ernährung einen merkbaren Einflufs, wie Tabelle XI zeigt. Für die Sporenbildung von Clostridium butyricum z. B. liegt das Minimum auf Bouillon bei 22° C. (bei 18° C. keine Sporenbildung), auf 2 proz. Traubenzuckergelatine bei 17° C.

Das Temperaturoptimum liegt beim Bacillus sporogenes, botulinus und Clostridium butyricum bei 38° C., beim Bacillus oedematis maligni und anthracis symptomatici bei 34—41,5° C., hier tritt bei gleichmäfsiger Entwicklung die Sporenbildung sehr

zeitig auf. Unter 12° C. finden beim Bacillus botulinus und anthracis symptomatici kein Wachstum mehr statt, die Sporenbildung hört noch früher (beim Bacillus anthracis symptomatici bei 14° C., beim Bacillus botulinus bei 16° C.) auf. Für den Bacillus sporogenes und oedematis maligni liegt das Minimum des Wachstums bei 14° C., das der Sporenbildung bei 16° C. Clostridium butyricum zeigt bei 16° C. noch geringes Wachstum, aber bei weniger als 17° C. keine Sporenbildung mehr. Das Temperaturmaximum der Sporenbildung liegt beim Bacillus sporogenes und oedematis maligni bei 47° C., beim Bacillus botulinus, anthracis symptomatici und Clostridium butyricum bei 45,5° C. Bei optimaler Temperatur erfolgt nach 14 Stunden in der ganzen Kultur des Bacillus sporogenes, oedematis maligni und Clostridium butyricum die Sporenbildung. Noch schneller als Bacillus sporogenes u. a. bilden Bacillus botulinus und anthracis symptomatici (nach 12½ Stunden) die Sporen.

Bei steigender Temperatur tritt die Sporenbildung allmählich schneller ein, doch bilden die Anaëroben in der Nähe des Temperaturmaximums etwas später die Sporen als bei Temperaturoptimum. Bei niederen Temperaturen verhält sich z. B. Bacillus sporogenes sehr ungleichartig; einige Individuen erzeugen Sporen nach 5 Tagen, andere noch nicht nach 13 oder 23 Tagen. Diese Ursache liegt wahrscheinlich darin, dafs das Wachstum unregelmäfsig ist; die einen entwickeln sich schnell und üppig, die anderen sehr langsam.

Nach Klebs ist es eine allgemeine Regel, dafs für die Fortpflanzungsorgane das Temperatur-Minimum höher, das Maximum niedriger liegt als für das Wachstum der gleichen Art. Meine Beobachtungen zeigen in der That, dafs bei den untersuchten Anaëroben die Regel für das Temperatur-Minimum stimmt. Dagegen konnte ich keine deutlichen Unterschiede für das Temperatur-Maximum zwischen Sporenbildung und Wachstum feststellen; für das Vorhandensein eines kleinen Unterschiedes spricht nur die Thatsache, dafs in der Nähe des Maximums ganz vereinzelte Sporen zwischen zahlreichen Bakterien nachweisbar sind.

4. Der Einflufs des Lichtes.

Das Licht hat einen grofsen Einflufs auf das Wachstum der Bakterien. Direkte Sonnenstrahlen hemmen die Entwicklung der Bakterien, die Sporen verlieren sogar ihre Keimfähigkeit; setzt man die Sporen des Bacillus anthracis und Bacillus tumescens, worauf schon Schreiber aufmerksam gemacht hat, 2 Stunden den Sonnenstrahlen aus, so keimen die Sporen nicht mehr aus, während die Sporen des Bacillus subtilis drei Stunden lang die direkten Sonnenstrahlen ertragen, ehe sie ihre Keimfähigkeit verlieren; sie sind gegen Sonnenstrahlen bedeutend weniger empfindlich. Nach Schreiber bildet der Bacillus anthracis nach 15 Minuten, Bacillus tumescens nach 40 Minuten, Bacillus subtilisnach über 1 Stunde langer Einwirkung keine Sporen mehr, sondern sie sterben ab.

Ich habe meine Versuche derartig angestellt, dafs die Versuchsröhrchen mit sporentragenden Bakterien bei ca. 25° C. direkt den Strahlen der Wintersonne ausgesetzt wurden, hierbei wurde jene Beobachtung bestätigt, nach zehnstündiger Einwirkung fand die Entwicklung und Sporenbildung von Bacillus anthracis, subtilis, mycoides, vulgarus, lactis Nr. 1 Flügge, botulinus, sporogenes, oedematici maligni, anthracis symptomatici und Clostridium butyricum nicht mehr statt, obgleich diese Versuchsröhrchen wieder in den Brütofen gestellt wurden. Es waren demnach alle Bakterien bereits abgestorben.

Im hellen (nicht direkten Sonnenstrahl) und dunklen Zimmer (bei Temperatur zwischen 19 und 22° C.) fand ich sehr geringe Unterschiede in der Schnelligkeit der Sporenbildung, während der Einflufs auf das Wachstum sehr deutlich sichtbar war.

Bacillus oedematis maligni entwickelt sich nach 6 Tagen im dunklen Zimmer sehr üppig unter Bildung von Gasblasen, im hellen Zimmer ziemlich schwach. Die Sporenbildung ist aber erst nach 12—13 Tagen nachweisbar. Die Anzahl der Sporen ist im dunklen Zimmer etwas reichlicher als im hellen Raume.

Die Sporenbildung des Bacillus botulinus erfolgt im hellen Zimmer nach 25 Tagen, im dunklen Zimmer nach 23 Tagen.

Bei Bacillus anthracis symptomatici tritt die Sporenbildung in beiden Räumen nach 24 Tagen ziemlich reichlich ein.

Bacillus sporogenes bildet in beiden Räumen nach 5 Tagen Sporen in ganz gleicher Weise.

Dasselbe ist bei Clostridium butyricum in 13 Tagen der Fall.

Alle Anaëroben entwickeln sich im dunklen Zimmer viel üppiger als im hellen Zimmer. Die gebildete Gasmenge ist ebenfalls im dunklen Raume viel reichlicher als im hellen Raume.

V. Zusammenfassung.

Die Resultate der Untersuchungen sind kurz folgende:

1. Die Anaëroben entwickeln sich üppig auf Schrägagar und der Oberfläche der Plattenkultur unter Wasserstoff oder im sauerstofffreien Raum.

2. Bei Gegenwart von Sauerstoff entwickeln sich die Anaëroben in Mischkulturen mit Aëroben, vermehren sich dagegen nicht in abgetöteter Aëroben-Kultur oder im Filtrat von Aërobenbouillonkultur.

3. Für das Wachstum der obligaten Anaëroben beträgt der maximale Gehalt an Sauerstoff ungefähr 0,0031‰ (d. h. ca. 0,008 ccm Sauerstoffgehalt in 2620 ccm Glockenrauminhalt). Das Minimum von Luftdruck für das Wachstum der obligaten Aëroben erscheint aufserordentlich niedrig, sodafs ich dasselbe als luftleer annahm; hier ist nur spurliches makroskopisches Wachstum wahrnehmbar.

4. Im Nährboden vermehren sich zuerst die Bakterien, dann verschlechtert sich der Nährboden und schliefslich tritt die Sporenbildung ein. Dauerndes, lebhaftes Wachstum unter den günstigsten Bedingungen ruft niemals Sporenbildung hervor. Nährstoffmangel ist die nächste Veranlassung der Sporenbildung (vergl. folgenden Satz).

5. Aufser dem Nährstoffmangel spielt der Sauerstoff bei der Sporenbildung der Bakterien eine grofse Rolle. Fakultative Anaëroben und obligate Anaëroben bilden bei Sauerstoffzutritt sehr rasch Sporen. Die Sporenbildung der Anaëroben erfolgt bei Luftzutritt und unter sonstigen günstigen Bedingungen schnell,

trotzdem der Nährboden noch sehr viel Nahrung enthält.

6. Aëroben bilden unter Wasserstoff und bei einem Luftdruck von weniger als 30 mm nie Sporen.

7. Die Sporenbildung tritt bei bester Ernährung, d. h. bei der für die Species optimaler chemischer Zusammensetzung mit grofser Intensität ein, z. B. in 2% Traubenzuckergelatine bilden die Bakterien sehr schnell und zahlreiche Sporen, während sie in Bouillon sehr langsam und weniger zahlreich gebildet werden.

8. In den für das Wachstum ungünstigeren Nährmedien tritt die Sporenbildung schneller ein als in günstigen Nährböden.

9. Für die Sporenbildung der Anaëroben beträgt der optimale Gehalt an Kochsalz 0,25—0,5%, an Traubenzucker 5—10%. Das Temperaturoptimum für die Sporenbildung der Anaëroben scheint eine Temperatur von 34—38° C. zu sein.

10. Die Anaëroben haben viel geringere Widerstandskraft gegen Säure als gegen Alkali. Z. B. 5 Anaëroben entwickeln sich nicht mehr in 0,15—0,25% salzsäurehaltiger Nährgelatine, während in Sodagelatine erst bei 10—15% Gehalt ihre Entwicklung aufhört.

11. Im dunklen Zimmer erfolgt die Entwicklung und Sporenbildung der Bakterien etwas schneller und üppiger als im hellen Zimmer (bei indirektem Sonnenstrahl). Direktes Sonnenlicht ist für sporenfreie Bacillen sehr schädlich.

12. Gegenüber dem Zusatz irgendwie nachteilig wirkender Substanzen, gegenüber Konzentrationen von Nährsubstanz, gegenüber Temperatur und Luftdruck ist im allgemeinen das Wachstum weniger empfindlich als die Sporenbildung. Übersichtlich stelle ich die Hauptresultate in folgender Tabelle zusammen:

Arten der Bakterien	Einflufs von	Wachstum			Sporenbildung		
		Min.	Optima	Max.	Min.	Optima	Max.
Clostridium butyricum	Traubenzucker (%)	—	5	60	—	8	55
B. botulinus		—	2—10	55	—	10	40
B. sporogenes		—	2—5	55	—	10	50
B. oedematis maligni		—	0,5—5	55	—	10	50
B. anthracis symptomatici		—	2—5	65	—	8	60
Clostridium butyricum	Kochsalz (%)	—	0,5	6,5	—	0,25	4
B. botulinus		—	0,5	7	—	0,25—0,5	5
B. sporogenes		—	0,25	7,5	—	0,25—0,5	5
B. oedematis maligni		—	0,5	7,5	—	0,25	7
B. anthracis symptom.		—	0,25	7	—	0,25 od. 0,75	6,5
Clostridium butyricum	Soda (%)	—	—	15	—	—	10
B. botulinus		—	—	20	—	—	17
B. sporogenes		—	—	15	—	—	10—15
B. oedematis maligni		—	—	17	—	—	15
B. anthracis symptom.		—	—	17	—	—	15
Clostridium butyricum	Salzsäure (%)	—	—	0,25	—	—	0,2
B. botulinus		—	—	0,25	—	—	0,2
B. sporogenes		—	—	0,25	—	—	0,15
B. oedematis maligni		—	—	0,25	—	—	0,2
B. anthracis symptom.		—	—	0,25	—	—	0,2
Clostridium butyricum	Temperatur (C)	ca. 16°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 17°	ca. 38°	ca. 45,5°
B. botulinus		ca. 12°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 16°	ca. 38°	ca. 45,5°
B. sporogenes		ca. 14°	ca. 34—38°	ca. 47°	ca. 16°	ca. 38°	ca. 47°
B. oedematis maligni		ca. 14°	ca. 34—38°	ca. 47°	ca. 16°	ca 34—41,5°	ca. 47°
B. anthracis symptom.		ca. 12°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 14°	ca. 34—41,5°	ca. 45,5°
Clostridium butyricum	Sauerstoffgehalt in einer Glocke, welche 2620 ccm Rauminhalt hat (ccm)	0	0	0,008	0	Normal Luftdruck?	—
B. botulinus		0	0	0,008	0		—
B. sporogenes		0	0	0,008	0		—
B. oedematis maligni		0	0	0,008	0		—
B. anthracis symptom.		0	0	0,008	0		—
Bac. lactis Nr. I. Flügge	Luftdruck (mm)	0	Normal Luftdruck	—	0	Normal Luftdruck	—
Bacillus X		0		—	0		—
Bacillus anthracis		0 ?		—	49 mm		—
Bacillus mycoides		0 ?		—	49 mm		—
Bacillus subtilis		0 ?		—	60 mm		—

Zum Schlusse möge es mir noch gestattet sein, Herrn Prof. Dr. Klebs für die Stellung des Themas und für die wertvollen Ratschläge bei der Ausführung der Arbeit meinen tiefsten Dank auszusprechen.

Tabelle I.

a. Clostridium butyricum (bei 34 ° C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
			sofort	1	2	3	4	5	
45	2 % Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	IV	V	V	V	V	Starke Trübung der Flüssigkeit, üppige Gasbildung
57		2 »	0	III	V	V	V	V	
705		3	0	II	III	V	V	V	Die Flüssigkeit bleibt fast klar mit weifsem Bodensatz
267		4	I	II	—	—	—	—	Schwach getrübt
707		4	I	II	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
268		5	0	X	X	I	II	II	Starke Trübung u. Gasbildung
708		5	0	II	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
703		6	IV	V	V	V	V	V	
709		6	II	III	—	—	—	—	
46		7 »	0	II	—	—	—	—	Mäfsige Trübung u. Gasbild.
48		7	III	—	—	—	—	—	Schwache Trüb. u. Bodensatz
557		8 »	III	—	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
544		11 »	I	II	II	—	—	—	
260		40 »	I	II	—	—	—	—	
266		45 »	IV	V	V	V	—	—	
213	Gewöhnl. Kartoffel	2 »	III	IV	—	—	—	—	Gasbild. u. Geruch nach Essig
56		16 »	V	V	V	V	V	V	Trockene, weifse, häutchenartige u. nach Essig riechende Auflagerung
53	Glyc. Kartoffel	22 Std.	0	II	III	—	—	—	Gasbildung
55		16 Tage	II	IV	—	—	—	—	Feuchte, geruchlose Auflag.
1415	2 % Tr.-Zucker-Agar	1 »	IV	V	—	—	—	—	Üppiges Wachst. u. Gasbild.
1416		$2^1/_2$ »	II	III	—	—	—	—	
1452		4 »	0	V	V	V	V	V	Kaum sichtbare Auflagerung
1453		4 »	V	V	V	—	—	—	Üppiges Wachstum
548	Gewöhnl. Gelatine	1 »	0	II	—	—	—	—	Üppiges Wachst. u. Gasbild.
43		2	IV	—	—	—	—	—	
214		2 »	III	IV	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
1623	2 % Traubenzuckergelatine	14 Std.	0	1	—	—	—	—	Nur mikrosk. sichtb. Wachst.
1572		18	II	—	—	—	—	—	
1624		22 »	II	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
219		24 »	III	IV	—	—	—	—	Starke Trübung u. Gasbildung
1573		24 »	I	III	—	—	—	—	Schwache Trübung
49		5 Tage	III	IV	V	V	V	V	Reichliches Wachstum

Erklärung der Zeichen der Tabelle:

0 = Keine Sporenbildung.
X = Unreife Sporenbildung.
I = Sehr geringe Sporenbildung (in einem Präparat 1—4 Sporen).
II = Geringe Sporenbildung (in einem Präparat 5—20 Sporen).
III = Mittelmäfsige Sporenbildung.
IV = Reichliche Sporenbildung (in einem Gesichtsfeld 5—10 Sporen).
V = Sehr reichliche Sporenbildung (in einem Gesichtsfeld zahlreiche Sporen).

b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
			so-fort	1	2	3	4	5	
730	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	0	0	I	—	—	Sehr schwache Entwicklung
731		2 »	0	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
741		3 »	0	0	I	III	—	—	Starke Trübung und Gasbildung
743		4 »	0	—	—	—	—	—	
568		5 »	0	X	I	I	I	II	
332		5 »	?	IV	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
738		7 »	0	0	I	I	—	—	Starke Entwicklung
140		8 »	0	II	II	III	—	—	
575		9 »	0	0	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
745		10 »	0	0	I	—	—	—	Starke Entwicklung
754		12 »	0	III	—	—	—	—	
759		14 »	X	I	II	—	—	—	
1048		18 »	?	II	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
1067		20 »	?	III	—	—	—	—	
1743		20 »	I	III	—	—	—	—	
1458	2% Tr.-Zuckeragar	1 »	?	0	IV	—	—	—	Kleine weifsliche Kolonien
1459		2 »	0	0	IV	—	—	—	
135		3 »	0	III	IV	—	—	—	Üppiges Wachstum
1478		5 »	0	—	—	—	—	—	
1479		5 »	I	—	—	—	—	—	
577	Gewöhnl. Gelatine	1 »	III	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
578		2 »	IV	—	—	—	—	—	
1646	2% Traubenzuckergelatine	14 Std.	0	—	—	—	—	—	Makroskopisch kein Wachstum
1652		21 »	0	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1651		23 »	I	III	—	—	—	—	
1653		48 »	IV	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1654		72 »	IV	V	—	—	—	—	

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
			sofort	1	2	3	4	5	
760	2 % Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	I	III	—	—	—	Schwache Trübung und Gasbildung
761		2 Tage	0	II	III	—	—	—	Mäfsige Trübung u. Gasbildg.
770		3 »	0	II	IV	III	III	IV	Starke Trübung und Gasbildung
248		4 »	I	IV	—	—	—	—	
773		4 »	I	—	—	—	—	—	
249		5 »	0	III	IV	IV	IV	V	
598		5 »	I	I	III	—	—	—	
774		5 »	0	III	—	—	—	—	
766		6 »	III	—	—	—	—	—	
610		7 »	I	—	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
602		8 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwicklung
126		9 »	IV	V	—	—	—	—	Schwache Trübung
111		17 »	?	IV	—	—	—	—	Starke Entwicklung
240		40 »	0	0	0	—	—	—	Klar mit Bodensatz
127		45 »	0	0	—	—	—	—	
124	Gewöhnl. Kartoffel	2 »	0	I	—	—	—	—	Makroskopisch undeutliches Wachstum
116		16 »	?	I	—	—	—	—	Weifslichgraue, dünne, kaum sichtbare Aufl.
122	Glycerin-Kartoffel	2 »	0	I	—	—	—	—	Gasbildung und Involutionsformen
115		16 »	?	?	II	IV	—	—	Undeutliches Wachstum
1486	2 % Tr.-Zuckeragar	1 »	0	X	IV	—	—	—	Kleine, zahlreiche Kolonien und Gasbildung
1487		2 »	X	IV	—	—	—	—	Üppiges Wachstum und Gasbildung
110		3 »	0	IV	—	—	—	—	
1669		5 »	IV	—	—	—	—	—	
1670		5 »	IV	—	—	—	—	—	
609	Gewöhnl. Gelatine	1 »	IV	—	—	—	—	—	Makroskop. kein Wachstum
119		2 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
120		3	IV	—	—	—	—	—	
1680	2 % Tr.-Zucker-Gelatine	14 Std.	0	—	—	—	—	—	Makroskopisch keine Entwicklung
1681		22 »	I	—	—	—	—	—	
1672		24 »	III	—	—	—	—	—	Schwache Trübung

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
			sofort	1	2	3	4	5	
80	2 % Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	II	—	—	—	—	Schleimige Flocken und Gasbildung
82		2 ›	0	?	II	II	II	II	
806		3 ›	IV	IV	V	—	—	—	
291		4 ›	I	II	—	—	—	—	Starke Trübung und Gasbildung
809		4 ›	I	—	—	—	—	—	
292		5 ›	0	III	—	—	—	—	Schwache Trübung
629		5 ›	0	I	—	—	—	—	
801		6 ›	II	—	—	—	—	—	
811		6 ›	0	II	II	III	—	—	
640		7 ›	II	—	—	—	—	—	Starke Trübung und Gasbildung
633		9 ›	I	—	—	—	—	—	Mäfsige Trübung
81		11 ›	I	I	I	II	—	—	Schwache Entwicklung
278		40 ›	0	X	X	0	I	—	Klar mit Bodensatz. Involutionsformen
290		45 ›	III	III	—	—	—	—	
154	Gewöhnl. Kartoff.	4 ›	?	?	I	II	—	—	Unsichtbares Wachstum
100		16 ›	IV	V	—	—	—	—	
153	Glycer.-Kartoff.	4 ›	?	?	I	II	—	—	Unsichtbares Wachstum
99		16 ›	0	I	II	IV	—	—	
1532	2 % Tr.-Zucker-Agar	1 ›	0	X	IV	—	—	—	Üppige Entwicklung
1533		$2^1/_2$ ›	IV	V	—	—	—	—	
639	Gewöhnl. Gelatine	1 ›	0	IV	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
88		2 ›	III	—	—	—	—	—	Sehr üppige Entwicklung und Gasbildung
85		3 ›	V	V	—	—	—	—	
149		4 ›	V	V	—	—	—	—	
1688	2 % Traubenzuckergelatine	10 Std.	0	I	—	—	—	—	Makrosk. keine Entwickl.
1699		14 ›	I	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1690		18 ›	II	—	—	—	—	—	Starke Entwicklung
1689		24 ›	III	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
194		24 ›	I	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
195		24 ›	0	I	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung

e. Bacillus anthracis symptomaticis (bei 34° C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
			sofort	1	2	3	4	5	
59	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	0	I	—	—	—	Makroskopisch klar
61		2 »	0	0	I	II	—	—	Schwache Trübung
831		3 »	0	0	II	—	—	—	
834		4 »	0	I	II	—	—	—	Klar; mikroskopisch Bacillen nachweisbar
65		5 »	X	I	II	—	—	—	Starke Trübung
307		5 »	0	IV	IV	—	—	—	
827		6 »	0	0	II	II	III	—	Klar; mikroskopisch zahlreiche Stäbchen
660		7 »	0	I	II	—	—	—	Schwache Trübung mit Bodensatz
680		8 »	III	—	—	—	—	—	
661		9 »	I	III	—	—	—	—	
301		40 »	II	—	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
196	Gewöhnl. Kartoff.	22 Std.	?	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung, Gasbildung, widerlicher Geruch
75		16 Tage	I	IV	V	—	—	—	Dünne, üb. d. ganze Oberfläche verbreit. schmutziggraue Aufl.
197	Glycer. Kartoff.	4 »	?	?	?	II	—	—	Undeutliche Entwicklung
74		16 »	?	?	II	II	—	—	
1573	2% Traubenzucker-Agar	1 »	X	I	IV	—	—	—	Kleine Kolonien
1574		$2^1/_2$ »	?	III	—	—	—	—	Sehr üppiges Wachstum und Gasbildung
69		3 »	0	IV	—	—	—	—	
1597		4 »	0	I	—	—	—	—	
68		8 »	I	II	IV	—	—	—	
668	Gewöhnliche Gelatine	1 »	II	—	—	—	—	—	Makroskopisch kein Wachst.
76		2 »	IV	V	—	—	—	—	Starke Trübung und Gasbildung
79		3 »	III	V	—	—	—	—	
63		4 »	0	I	—	—	—	—	Schwache Trübung
62		5 »	IV	V	V	—	—	—	Üppige Entwickl. u. Gasbild.
1734	2% Tr.-Zuck.-Gelat.	14 Std.	I	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1741		23 »	I	III	—	—	—	—	

f. Dauer bis zur Sporenbildung der Anaëroben
(Zusammenstellung aus Tabelle I a bis e).

Nährsubstrat	Clost. butyricum	B. botulinus	B. sporogenes	**B. ödematis mal.**	**B. anthracis symp.**
2% Tr.-Zuckerbouillon	4 Tage	20 Tage	4 Tage	**3 Tage**	**8 Tage**
2% Tr.-Zuckeragar . .	1 »	5 »	5 »	**$2^1/_2$ »**	**8 »**
Gewöhnliche Gelatine	2 »	1 »	1 »	**2 »**	**1 »**
2% Tr.-Zuckergelatine	18 Std.	23 Std.	22 Std.	**14 Std.**	**14 Std.**

Tabelle II.

a. Clostridium butyricum. (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
534	Konbudekokt . . .	24 Std.	0	0	I	—	—	Klar
370	»	48 »	II	—	—	—	—	Gasbildung
385	1% Tragacanthlös. .	30 »	0	II	—	—	—	Klar
1760	» » »	12 »	1	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
373	3% »	24 »	0	I	—	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
379	» » »	72 »	0	II	—	—	—	
360	10% Gummilösung.	36 »	II	III	—	—	—	
361	» » » .	72 »	IV	—	—	—	—	
362	30% » .	84 »	0	I	III	V	V	
363	» » » .	6 Tage	IV	—	—	—	—	
1761	0,2% Fleischpeptonagar	24 Std.	I	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
383	0,2% Fleischpeptonagar	30 »	II	—	—	—	—	Üppiges Wachstum und Gasbildung
375	0,4% Fleischpeptonagar	24 »	III	—	—	—	—	
382	0,4% Fleischpeptonagar	48 »	III	—	—	—	—	
1415	2% Fleischpeptonagar	24 »	IV	V	—	—	—	
1416	2% Fleischpeptonagar	48 »	II	III	—	—	—	
217	Wassergelatine . .	9 Tage	0	0	0	0	—	Schwaches Wachstum
254	» . .	14 »	I	—	—	—	—	
255	» . .	15 »	I	—	—	—	—	
363	1% Bouillongelatin.	$1^1/_2$ »	0	?	II	—	—	Üppige Entwicklung und Gabildung
369	» » »	5 »	X	II	—	—	—	
1762	» » »	6 »	I	III	—	—	—	
367	5% »	1 »	X	III	—	—	—	
368	» » »	2 »	II	III	—	—	—	
219	10% »	1 »	III	IV	—	—	—	
224	30% »	11 »	0	0	—	—	—	Undeutliches Wachstum
705	2% Traubenzuckerbouillon	3 »	0	III	V	V	V	Klar mit Bodensatz
267	2% Traubenzuckerbouillon	4 »	I	II	—	—	—	Schwache Trübung

b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H. entwickeln.	Intensität der Sporenbild Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt.					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
567	Koubudekokt	24 Std.	0	0	0	0	I	Klar
466	»	48 »	II	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
1758	1% Tragacanthlös.	24 »	0	I	—	—	—	Makroskopisch klar
479	» » »	30 »	0	II	—	—	—	
1747	» » »	96 »	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
468	3 » »	24 »	0	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
475	» » »	72 »	III	—	—	—	—	
1746	10 » Gummilösung	24 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
456	» » »	36 »	IV	V	—	—	—	Starke Entwicklung
329	30 » »	84 »	IV	V	V	V	V	Undeutliches Wachstum
1744	0,2 » Fleischpeptonagar	24 »	X	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
478	» » Fleischpeptonagar	30 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
469	0,4 » Fleischpeptonagar	24 »	III	—	—	—	—	
477	» » Fleischpeptonagar	48 »	II	—	—	—	—	
135	2 » Fleischpeptonagar	72 »	0	III	IV	—	—	
1479	» Fleischpeptonagar	5 Tage	I	—	—	—	—	
457	1 » Bouillongelat.	$1\frac{1}{2}$ »	0	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung und Gasbildung
1745	» » »	3 »	?	III	—	—	—	
460	» » »	5 »	II	—	—	—	—	
458	5 » »	1 »	V	—	—	—	—	
459	» » »	2 »	V	—	—	—	—	
1651	10 » »	1 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
1749	Wassergelatine . .	1 »	0	0	IV	—	—	Klar
136	. .	3 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
137	» . . .	4 »	II	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
1048	2% Traubenzuckerbouillon . . .	18 »	?	II	—	—	—	Klar mit Bodensatz
1743	» » Traubenzuckerbouillon . . .	20 »	I	III	—	—	—	

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).

Versuchsnummern	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt: sofort	1	2	3	6	Wachstum
593	Konbudekokt	24 Std.	III	—	—	—	—	Reichliche Entwickl.
510	»	48 »	IV	—	—	—	—	
528	1% Tragacanthlösung	30 »	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
513	3% »	24 »	0	IV	—	—	—	Ziemlich reichliche Entwicklung und Gasbildung
523	» »	72 »	II	—	—	—	—	
1759	10% Gummilösung	24 »	III	—	—	—	—	
500	» »	36 »	IV	V	—	—	—	
243	30% »	84 »	0	0	0	IV	—	
245	» »	8 Tage	IV	—	—	—	—	
1758	0,2% Fleischpeptonagar	24 Std.	0	II	—	—	—	Makroskopisch klar
526	» »	30 »	I	—	—	—	—	Schwache Entwickl.
515	0,4% »	24 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
525	» »	48 »	III	—	—	—	—	
110	2% »	72 »	0	IV	—	—	—	
1669	» »	5 Tage	IV	—	—	—	—	
129	Wassergelat.	9 »	0	X	X	X	III	Sehr schwache Entw.
238	»	14 »	IV	—	—	—	—	Schwache Entwickl.
1757	1% Bouillongelatine	1 »	I	—	—	—	—	
505	» »	2 »	IV	IV	—	—	—	Üppige Entwickl. und Gasbildung
508	» »	5 »	V	—	—	—	—	
506	5% »	1 »	II	V	—	—	—	
507	» »	2 »	V	—	—	—	—	
1680	10% »	14 Std.	0	—	—	—	—	Klar
1681	» »	22 »	I	—	—	—	—	
770	2% T.-Zucker-Bouillon	72 »	0	II	III	III	IV	Starke Trübung und Gasbildung
248	» »	96 »	I	IV	—	—	—	

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter II-Kultur entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der II-Kultur und bei Luftzutritt: sofort	1	2	3	6	Wachstum
623	Konbudekokt	24 Std.	0	IV	—	—	—	Üppiges Wachstum.
425	»	48 »	?	II	—	—	—	Schwaches Wachstum
624	»	72 »	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1850	1% Tragacanthlös.	24 »	X	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
440	» »	30 »	II	—	—	—	—	Reichliches Wachstum
430	3% »	24 »	0	IV	—	—	—	
441	» »	48 »	X	IV	—	—	—	
435	» »	72 »	I	—	—	—	—	
1846	10% Gummilösung	24 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
415	» »	36 »	III	IV	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung und Gasbildung
416	» »	72 »	IV	—	—	—	—	
1847	30% »	24 »	0	X	II	—	—	Schwache Entwicklung.
1848	» »	48 »	0	I	II	—	—	
1849	» »	72 »	0	I	I	II	—	Mäßige Entwicklung
285	» »	96 »	0	?	III	IV	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung.
289	» »	6 Tage	I	IV	V	—	—	
190	Wassergelatine	3 »	I	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
191	»	4 »	IV	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung.
442	0,2% Fleischpept.-agar	24 Std.	X	—	—	—	—	Üppige Entwickl. mit Gasblasen
438	» »	30 »	I	—	—	—	—	
431	0,4% »	24 »	III	—	—	—	—	
437	» »	48 »	III	—	—	—	—	
1532	2% »	24 »	0	X	IV	—	—	
1533	» »	60 »	IV	V	—	—	—	
421	1% Bouillongelat.	40 »	X	I	II	—	—	Schwache Trübg.
443	» »	72 »	X	I	II	—	—	
424	» »	5 Tage	II	—	—	—	—	Üppige Entwickl. und Gasbildung 30% Gelatine, verflüssigt sich ziemlich stark
422	5% »	1 »	II	III	—	—	—	
423	» »	2 »	II	—	—	—	—	
1689	10% »	1 »	III	—	—	—	—	
150	30% »	1 »	IV	—	—	—	—	
98	» »	8 »	V	V	—	—	—	
82	2% Traubenzucker-bouill.	2 »	0	?	II	II	II	
806	» »	3 »	IV	IV	V	—	—	

e. **Bacillus anthracis symptomaticis (bei 34° C.).**

Versuchsnummer	Nährsubtrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
653	Konbudekokt.	24 Std.	0	0	III	—	—	Makroskopisch klar
399	»	48 »	II	—	—	—	—	Üppige Entwickl.
1756	1 % Tragacanthlös.	24 »	X	I	—	—	—	Makroskopisch klar
409	» »	30 »	I	—	—	—	—	
400	3 % »	24 »	0	I	—	—	—	
1755	» »	48 »	X	II	—	—	—	
405	» »	72 »	I	—	—	—	—	
387	10 % Gummilös.	36 »	0	IV	—	—	—	Üppiges Wachstum mit Gasblasen
388	» »	72 »	III	V	—	—	—	
305	30 % »	84 »	X	X	II	IV	V	
1753	0,2 % Fleischpeptonagar	24 »	I	III	—	—	—	
407	» »	30 »	III	—	—	—	—	
401	0,4 % »	24 »	III	—	—	—	—	
406	» »	48 »	II	—	—	—	—	
1597	2 % »	96 »	0	I	—	—	—	
68	» »	8 Tage	I	II	IV	—	—	
201	Wassergelatine	3 »	0	II	II	—	—	Makroskopisch klar
202	»	9 »	0	0	0	0	0	Mikroskopisch kein Wachstum
390	1 % Bouillongelat.	40 Std.	X	II	—	—	—	Schwache Entw.
1751	» »	72 »	?	III	—	—	—	Üppige Entw. u. Gasbildung
1752	» »	5 Tage	II	III	—	—	—	
392	5 % »	1 »	I	III	—	—	—	
393	» »	2 »	II	IV	—	—	—	
1741	10 % »	1 »	I	III	—	—	—	Schwache Entw.
1750	30 % »	6 »	III	—	—	—	—	Üppige Entw. u. Gasbildung
70	» »	8 »	V	V	—	—	—	
78	» »	9 »	V	—	—	—	—	
660	2 % Traubenzuckerbouillon	7 »	0	I	II	—	—	Schwache Trüb.
680	» »	8 »	III	—	—	—	—	

Tabelle III.

a. Clostridium butyricum (bei 34° C).

Versuchsnummer	Fleischpeptongehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	3	
217	0	9 Tage	0	0	0	0	Klar, Involutionsformen
254	»	14 »	I	—	—	—	Mäfsiges Wachstum
255	»	15 »	I	—	—	—	
1627	0,3	13 Stunden	I	—	—	—	Klar
1628	»	21 »	I	—	—	—	
535	1,0	19 »	0	0	V	—	
1029	»	36 »	?	IV	—	—	
540	»	48 »	0	I	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung und Gasbildung
549	»	72 »	II	—	—	—	
1768	5,0	96 »	II	—	—	—	
1629	10,0	15 »	0	—	—	—	
1630	»	20 »	0	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1776	20,0	73 »	X	—	—	—	
1778	50,0	10 Tage	?	?	I	—	Kein Wachstum?

b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Fleischpeptongehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt.				Wachstum
			sofort	1	2	3	
1749	0	24 Stunden	0	0	IV	—	Makroskopisch klar
136	»	72 »	IV	—	—	—	Üppige Entwicklung
137	»	96 »	II	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1647	0,3	13 »	?	II	—	—	
1648	»	21 »	X	IV	—	—	
1059	1,0	36 »	0	0	0	—	Makroskopisch klar
569	»	48 »	0	IV	—	—	
579	»	72 »	II	—	—	—	Schwaches Wachstum
1773	5,0	72 »	II	—	—	—	
1649	10,0	15 »	X	II	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1650	»	20 »	0	II	—	—	
1774	20,0	72 »	0	I	—	—	
1775	50,0	10 Tage	0	—	—	—	Undeutliche Entwicklung

Versuchs-nummer	Fleisch-Pepton-gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	3	
c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).							
1764	0	5 Tage	0	0	I	—	Schwache Entwicklung
129	0	9 »	0	X	X	X	
238	0	14 »	IV	—	—	—	
1682	0,3	13 Stund.	I	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1683	0,3	21 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
594	1,0	19 »	0	0	III	—	Makroskopisch klar
1086	1,0	36 »	?	I	IV	—	
599	1,0	48 »	0	I	—	—	
611	1,0	72 »	IV	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1684	10,0	15 »	0	—	—	—	
1780	50,0	10 Tage	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).							
1777	0	24 Stund.	0	0	II	—	Makroskopisch klar
190	0	72 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
191	0	96 »	IV	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1703	0,3	13 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1704	0,3	21 »	I	—	—	—	
1113	1,0	36 »	0	IV	IV	—	
630	1,0	48 »	0	IV	—	—	Mäfsige Entwicklung
641	1,0	72 »	III	—	—	—	
1766	5,0	72 »	III	—	—	—	
1705	10,0	15 »	I	—	—	—	Makroskopisch klar
1706	10,0	20 »	I	—	—	—	
1765	20,0	72 »	X	III	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1769	50,0	10 Tage	?	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
e. Bacillus anthracis symptomaticis (bei 34° C.).							
201	0	3 Tage	0	II	II	—	Kein Wachstum?
202	0	9 »	0	0	0	0	
1737	0,3	13 Stund.	I	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1738	0,3	21 »	II	IV	—	—	
1138	1,0	36 »	0	0	0	—	Makroskopisch klar
655	1,0	48 »	0	0	—	—	
670	1,0	72 »	III	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
1770	5,0	72 »	III	—	—	—	
1740	10,0	15 »	I	—	—	—	
1739	10,0	20 »	I	—	—	—	
1772	20,0	72 »	I	—	—	—	
1771	50,0	10 Tage	?	?	—	—	Undeutliche Entwicklung

Tabelle IV.

a. Clostridium butyricum (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzuckergehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
				sofort	1	2	3	4	5	
1788	Bouillon	0	1 Tag	0	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1789		»	2 »	0	—	—	—	—	—	Sehr schwache Entw.
720		»	4 »	III	IV	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
50		»	10 »	?	?	II	II	II	II	
705		2	3 »	0	II	III	V	V	V	Klar mit Bodensatz
267		»	4 »	I	II	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
703		»	6 »	IV	V	V	V	V	V	Klar mit Bodensatz und Gasblasen
1021		5	6 »	X	I	—	—	—	—	Klar
225		»	11 »	I	—	—	—	—	—	
1018		10	3 »	0	0	0	0	0	I	Gasbildung und Involutionsformen
1790		»	11 »	I	—	—	—	—	—	Klar. Involutionsform.
535	Fleischpeptongelatine	0	19 Std.	0	0	V	—	—	—	Nur mikroskop. Wachst.
540		»	48 »	0	I	—	—	—	—	Gasbild. (üppig. Wachst.)
549		»	72 »	II	III	—	—	—	—	Schwache Entwickl.
550		0,5	24 »	I	—	—	—	—	—	
551		»	48 »	II	—	—	—	—	—	
558		2	16 »	X	III	—	—	—	—	Makroskopisch klar
700		2	24 »	II	II	—	—	—	—	
701		5	» »	II	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1042		8	» »	III	III	—	—	—	—	Makroskopisch klar
702		10	» »	II	II	IV	—	—	—	
706		15	30 »	0	0	I	II	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1791		»	7 Tage	II	—	—	—	—	—	
711		20	5 »	0	0	IV	—	—	—	Schwache Entw. und sehr geringe Gasbild.
1792		»	7 »	II	—	—	—	—	—	
1417		30	10 »	IV	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1430		40	7 »	I	II	—	—	—	—	
1431		50	7 »	I	I	—	—	—	—	
1793		55	20 »	I	—	—	—	—	—	
1794		60	» »	0	—	—	—	—	—	
1795		65	» »	0	—	—	—	—	—	Kein Wachstum

b. Bacillus botulinus (bei 34 C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzuckergehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
				sofort	1	2	3	4	5	
1807	Bouillon	0	1 Tag	0	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1053		0	3 »	V	—	—	—	—	—	
141		0	8 »	III	IV	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
759		2	14 »	X	I	II	—	—	—	Üppige Entwicklung
1048		2	18 »	?	II	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
1743		2	20 »	I	III	—	—	—	—	
1047		5	6 »	0	II	—	—	—	—	
147		5	9 »	0	I	—	—	—	—	
1045		10	3 »	0	0	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1809		10	9 »	0	I	—	—	—	—	
1816	Fleischpeptongelatine	0	24 Stunden	0	II	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklg.
569		0	48 »	0	IV	—	—	—	—	
579		0	72 »	III	—	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
580		0,5	24 »	I	III	—	—	—	—	
581		0,5	48 »	III	—	—	—	—	—	
588		2	16 »	I	V	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
732		2	24 »	II	V	—	—	—	—	Üppiges Wachstum
733		5	24 »	I	V	—	—	—	—	
1065		8	24 »	II	III	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
734		10	24 »	III	—	—	—	—	—	Üppiges Wachstum
744		20	48 »	0	0	II	II	—	—	Schwaches Wachstum
1817		20	7 Tage	II	III	—	—	—	—	
1462		30	10 »	0	II	—	—	—	—	
1821		30	20 »	I	II	—	—	—	—	
1470		40	7 »	0	0	I	—	—	—	Mäfsiges Wachstum
1818		40	20 »	I	II	—	—	—	—	
1473		50	7 »	?	0	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entlung
1819		55	20 »	0	0	0	—	—	—	
1820		60	20 »	0	0	0	—	—	—	Kein Wachstum

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Traubenzucker-gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
				sofort	1	2	3	4	5	
1082	Bouillon	0	3 Tage	0	III	—	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung
785		0	4 »	IV	IV	V	—	—	—	
125		0	8 »	II	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
770		2	3 »	0	II	III	III	III	IV	
248		2	4 »	I	IV	—	—	—	—	
101		5	2 »	0	II	III	IV	—	—	
1079		5	6 »	X	IV	—	—	—	—	
130		5	9 »	I	IV	—	—	—	—	
1073		10	3 »	0	III	IV	—	—	—	
1781		10	9 »	?	IV	IV	—	—	—	
594	Fleischpeptongelatine	0	19 Std.	0	0	III	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1086		0	36 »	0	I	IV	—	—	—	
599		0	48 »	0	II	—	—	—	—	
611		0	72 »	IV	—	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
612		0,5	24 »	II	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
613		0,5	48 »	II	IV	—	—	—	—	
619		2,0	16 »	I	—	—	—	—	—	
762		2,0	24 »	III	—	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
763		5,0	24 »	II	IV	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1100		8,0	24 »	III	III	—	—	—	—	
764		10,0	24 »	V	—	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
771		15,0	30 »	0	0	I	I	I	II	Schwache Entwicklung und manchmal Gasbildung
1782		15,0	5 Tage	I	III	—	—	—	—	
777		20,0	5 »	0	0	0	0	II	—	
1783		20,0	7 »	III	—	—	—	—	—	
1784		30,0	7 »	I	—	—	—	—	—	
1490		30,0	10 »	IV	—	—	—	—	—	
1512		40,0	7 »	II	II	—	—	—	—	
1513		50,0	7 »	0	0	I	—	—	—	
1785		50,0	20 »	I	I	II	—	—	—	
1786		55,0	20 »	0	0	0	0	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1787		60,0	20 »	0	0	0	0	—	—	Kein Wachstum

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzuckergehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. H-Kultur u. bei Luftzutritt						Wachstum
				sofort	1	2	3	4	5	
1110	Bouillon	0	3 Tage	0	IV	—	—	—	—	Mäßige Entw. und Gasbild.
816		»	4 »	I	II	—	—	—	—	
80		2	1 »	0	II	—	—	—	—	Üppige Entw. und Gasbild.
82		»	2 »	0	?	II	II	—	—	
806		»	3 »	IV	IV	V	—	—	—	
291		»	4 »	I	II	—	—	—	—	
1805		5	2 »	0	0	I	III	III	III	
7		»	4 »	0	I	I	II	—	—	
86		»	6 »	0	I	II	III	—	—	
1107		»	6 »	0	?	IV	V	—	—	Schwache Entwicklung
192		»	8 »	I	IV	—	—	—	—	Üppige Entw. und Gasbild.
90		»	10 »	I	II	IV	IV	—	—	Mäßige Entwicklung
1105		10	3 »	X	?	?	?	I	I	Makroskopisch klar
1806		»	10 »	?	?	I	II	—	—	
1113	Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	IV	IV	—	—	—	Makroskopisch klar
630		»	48 »	0	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
641		»	72 »	III	—	—	—	—	—	
642		0,5	24 »	II	V	—	—	—	—	
643		»	48 »	IV	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
798		2	24 »	I	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwickl.
799		5	24 »	I	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung.
1120		8	24 »	II	III	—	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
800		10	24 »	III	IV	—	—	—	—	Mäßige Entw. u. Gasbild.
807		15	30 »	0	0	I	II	—	—	Schwache Entw. u. Gasbild.
1810		»	72 »	I	III	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung und Gasbildung
810		20	48 »	0	II	II	—	—	—	
1814		»	72 »	X	II	—	—	—	—	
1815		30	7 Tage	II	II	—	—	—	—	
1536		»	10 »	IV	—	—	—	—	—	
1548		40	7 »	II	II	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
1549		50	7 »	X	X	II	—	—	—	Nur mikroskopische Entw.
1811		»	20 »	I	I	—	—	—	—	
1812		55	20 »	0	0	—	—	—	—	
1813		60	20 »	0	0	—	—	—	—	Kein Wachstum

e. Bacillus anthracis symptomatici (bei 34° C).

Versuchs-Nummer	Nährsubstrat	Traubenzuckergehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H. entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Wachstum
				sofort	1	2	3	4	5	
1796	Bouillon	0	1 Tag	0	I	III	—	—	—	Fast klar
1133		»	3 »	II	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
844		»	4 »	I	V	V	—	—	—	
203		»	8 »	IV	V	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
827		2	6 »	0	0	II	II	III	—	Klar mit Bodensatz
660		»	7 »	0	I	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
680		»	8 »	III	—	—	—	—	—	
1128		5	6 »	0	II	—	—	—	—	
204		»	8 »	III	III	—	—	—	—	
1131		»	8 »	III	III	—	—	—	—	Fast klar
1125		10	3 »	0	0	0	0	0	II	
1797		»	8 »	0	I	—	—	—	—	
1803	Fleischpeptongelatine	0	24 Std.	0	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
655		»	48 »	0	0	—	—	—	—	
670		»	72 »	III	—	—	—	—	—	Schwache Trübung
671		05	24 »	I	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
672		»	48 »	II	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
681		2	16 »	III	III	—	—	—	—	Makroskopisch klar
822		»	24 »	III	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbild
825		5	24 »	I	II	—	—	—	—	
1147		»	48 »	IV	V	—	—	—	—	
1152		8	24 »	IV	V	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
826		10	24	III	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
833		15	30 »	0	0	0	0	0	I	Üppige Gasbildung
1798		15	48 »	0	I	—	—	—	—	
838		20	5 Tage	0	I	II	—	—	—	Makroskopisch klar
1799		20	7 »	III	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1577		30	10 »	II	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1590		40	7 »	III	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1591		50	7 »	II	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1804		55	20 »	I	—	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1802		60	20 »	I	—	—	—	—	—	
1801		65	20 »	0	—	—	—	—	—	
1800		70	20 »	0	—	—	—	—	—	Kein Wachstum

Tabelle V.

Versuchs-Nummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter II entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der II-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
a. Clostridium butyricum (bei 34° C.).								
219	0	1 Tag	III	IV	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
227	0,5	1 »	II	—	—	—	—	
258	0,5	5 Tage	III	—	—	—	—	
226	1,0	4 »	0	0	I	—	—	
228	1,0	7 »	II	IV	—	—	—	
269	2,0	5 »	II	—	—	—	—	Mäſsiges Wachstum
1019	2,0	10 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1796	3,0	5 »	II	—	—	—	—	
1023	3,0	7 »	IV	—	—	—	—	
1043	4,0	5 »	III	—	—	—	—	
1428	5,0	3 »	II	—	—	—	—	
1449	8,0	8 »	I	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1450	10,0	8 «	0	II	—	—	—	
1799	10,0	12 »	I	II	—	—	—	
1798	12,0	8 »	?	?	—	—	—	
1433	15,0	15 »	0	0	I ?	—	—	
1797	17,0	17 »	0	0	0	0	0	Fragliche Entwicklung
b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).								
1651	0	1 Tag	I	III	—	—	—	Mäſsige Entwicklung
333	0,2	5 Tage	II	III	—	—	—	
1837	0,5	5 »	III	—	—	—	—	
330	0,5	9 »	III	III	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
331	0,5	11 »	IV	—	—	—	—	
1841	1,0	7 »	?	?	?	—	—	
328	1,0	13 »	0	0	0	0	0	
1842	2,0	5 »	III	—	—	—	—	
1646	2,0	10 »	IV	—	—	—	—	
1050	3,0	7 »	IV	—	—	—	—	Mäſsige Entwicklung
1066	4,0	5 »	IV	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1467	5,0	6 »	X	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1838	5,0	8 »	II	III	—	—	—	
1476	8,0	8 »	I	I	—	—	—	
1477	10,0	8 »	II	II	—	—	—	
1843	12,0	8 »	I	II	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1474	15,0	8 »	II	II	III	—	—	
1844	17,0	20 »	I	I	II	—	—	
1845	20,0	20 »	0	0	0	0	0	

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C).

Versuchs-nummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
1672	0	1 Tag	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
251	0,2	5 »	II	III	—	—	V	Üppige Entwicklung und Gasbildung
247	0,5	11 »	III	IV	—	—	—	
1803	1,0	5 »	III	—	—	—	—	
239	1,0	10 »	IV	—	—	—	—	
241	1,0	13 »	0	0	0	III	—	Sehr schwache Entwickl.
1806	2,0	5 »	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1074	2,0	10 »	IV	—	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung und Gasbildung
1807	3,0	5 »	III	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung u. Gasbildung
1080	3,0	7 »	III	—	—	—	—	
1101	4,0	5 »	V	—	—	—	—	
1491	5,0	4 »	IV	—	—	—	—	
1519	8,0	8 »	I	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1520	10,0	8 »	III	IV	—	—	—	
1804	12,0	8 »	0	0	0	?	?	
1515	15,0	8 »	0	X	1	—	—	Mikroskop. schwache Entwickl. u. Involutionsform
1805	17,0	20 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum?

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchs-nummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
1689	0	1 Tag	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
295	0,2	5 »	II	IV	IV	V	—	Mäßige Entwicklung u. Gasbildung
280	0,5	6 »	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1822	1,0	5 »	II	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
288	1,0	13 »	X	II	III	—	—	Sehr schwache Entwickl.
1824	2,0	3 »	0	III	—	—	—	Fast klar
1106	2,0	10 »	IV	—	—	—	—	Sehr schwache Entwickl. u. manchmal Gasbildung
1825	3,0	5 »	II	—	—	—	—	

Versuchsnummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild., Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
			Fortsetzung von d. Bacillus oedematis maligni (bei 34°C.).					
1108	3,0	7 Tage	V	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung und manchmal Gasbildung
1121	4,0	5 »	I	III	—	—	—	
1537	5,0	3 »	II	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1560	8,0	8 »	0	I	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1827	8,0	10 »	I	I	II	—	—	Schwache Entwicklung
1561	10,0	8 »	X	II	—	—	—	
1833	10,0	15 »	I	II	—	—	—	
1834	12,0	8 »	?	I	I	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1520	15,0	8 »	I	II	II	—	—	
1835	17,0	20 »	0	0	0	0	0	
1836	20,0	20 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum
			e. Bacillus anthracis symptomatinis (bei 34° C.).					
206	0	1 Tag	0	II	III	—	—	Starke Entwicklung
308	0,2	5 »	I	IV	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
306	0,5	11 »	I	II	—	—	—	
1812	1,0	5 »	?	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
304	1,0	13 »	0	0	I	II	—	
1813	2,0	5 »	II	—	—	—	—	
1126	2,0	10 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1814	3,0	5 »	II	—	—	—	—	Geringe Entwicklung
1130	3,0	7 »	II	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1153	4,0	5 »	II	—	—	—	—	Geringe Gasbildung
1816	4,0	6 »	III	—	—	—	—	
1585	5,0	6 »	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1594	8,0	8 »	X	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1817	8,0	10 »	III	—	—	—	—	
1595	10,0	8 »	II	II	—	—	—	
1815	12,0	10 »	X	IV	—	—	—	
1592	15,0	8 »	0	II	II	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1818	17,0	20 »	0	0	0	—	—	

Tabelle VI.

a. Clostridium butyricum (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				sofort	1	2	3	5	
719	Fleischextraktwasser	0	4 Tage	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1026		0	5 »	IV	—	—	—	—	
1024		0,5	3 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
720		0,5	4 »	III	IV	IV	—	—	
50		0,5	10 »	?	?	?	I	II	Mäfsige Entwicklung
1025		1,0	3 »	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
721		1,0	4 »	I	I	II	—	—	
535	Fleischpeptongelatine	0	19 Stunden	0	0	V	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1029		0	36 »	0	IV	—	—	—	
540		0	48 »	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
549		0	72 »	II	III	—	—	—	
1039		0,25	24 »	III	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
548		0,5	24 »	0	II	—	—	—	Schwache bis üppige Entwicklung und Gasbildung
43		0,5	48 »	IV	—	—	—	—	
214		0,5	48 »	III	III	—	—	—	
1040		0,75	24 »	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1920		0,75	48 »	IV	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
536		1,0	19 »	0	III	—	—	—	Makroskopisch undeutliche Entwicklung
541		1,0	48 »	0	III	—	—	—	
555		1,0	72 »	IV	—	—	—	—	
537		2,0	19	0	0	0	0	—	
542		2,0	48 »	0	II	—	—	—	
556		2,0	72 »	III	—	—		—	
1800		3,0	5 Tage	?	II	—	—	—	
1030		3,0	11 »	0	X	III	III	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1429		4,0	5 »	X	II	—	—	—	
1031		5,0	12 »	0	0	0	0	0	
1435		6,5	7 »	0	0	0	0	0	
1801		7,0	15 »	0	0	0	0	0	Fragliche Entwicklung
1802		7,5	15 »	0	0	0	0	0	Keine Entwicklung

b. Bacillus botulinus (bei 34 C.).

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				sofort	1	2	3	5	
1051	Fleischextraktwass.	0	3 Tage	IV	—	—	—	—	Schwache Trübung
1052		0	4 »	V	—	—	—	—	
1053		0,5	3 »	V	—	—	—	—	Sehr schwache Trübung
141		0,5	8 »	III	III	—	—	—	Starke Trübung
1054		1,0	3 »	III	—	—	—	—	Schwache Trübung
752		1,0	4 »	V	—	—	—	—	
1059	Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	0	0	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
569		0	48 »	0	IV	—	—	—	
579		0	72 »	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1062		0,25	24 »	III	—	—	—	—	
577		0,5	24 »	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
578		0,5	48 »	IV	—	—	—	—	
1063		0,75	24 »	II	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
570		1,0	48 »	0	I	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
583		1,0	72 »	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
571		2,0	48 »	0	IV	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
584		2,0	72 »	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1060		3,0	11 Tage	0	0	0	IV	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1475		4,0	10 »	X	?	I	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1061		5,0	12 »	0	0	0	X	IV	Nur mikroskopische Entwicklung
1466		6,5	6 »	0	0	0	0	0	
1839		7,0	15 »	0	0	0	0	0	
1840		7,5	15 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				sofort	1	2	3	5	
1081	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	V	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
784		0	4 »	I	V	—	—	—	
1082		0,5	3 »	0	III	—	—	—	
785		0,5	4 »	IV	IV	V	—	—	Starke Entwicklung
125		0,5	8 »	I	III	—	—	—	
126		0,5	9 »	IV	V	—	—	—	Schwache Entwicklung
1083		1,0	3 »	IV	—	—	—	—	
594	Fleischpeptongelatine	0	19 Stund.	0	0	IV	—	—	Undeutliche Entwicklung
1086		0	36 »	0	I	IV	—	—	
599		0	48 »	0	II	—	—	—	
611		0	72 »	IV	V	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1098		0,25	24 »	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
609		0,5	24 »	IV	—	—	—	—	Makroskopisch klar
119		0,5	48 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
120		0,5	72 »	IV	—	—	—	—	
1099		0,75	24 »	I	I	V	—	—	Sehr schwache Entwickl.
595		1,0	24 »	0	0	IV	—	—	Undeutliches Wachstum
600		1,0	48 »	0	IV	—	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
615		1,0	72 »	I	IV	—	—	—	
601		2,0	48 »	I	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
618		2,0	72 »	III	—	—	—	—	
1808		3,0	72 »	0	IV	—	—	—	
1090		3,0	11 Tage	III	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1496		4,0	5 »	X	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
1097		5,0	12 »	II	?	?	IV	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1518		6,5	10 »	?	0	0	—	—	
1809		7,0	15 »	0	0	0	—	—	
1810		7,5	15 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum
1811		8,0	15 »	0	0	0	0	0	» »

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, n. Öffnung d. H-Kultur und bei Luftzutritt: sofort	1	2	3	5	Wachstum
1109	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	I	I	I	I	II	Schwache Entwicklung
815		»	4 »	I	IV	—	—	—	
1110		0,5	3 »	0	IV	—	—	—	Ziemlich üppige Entw., manchmal Gasbild.
816		»	4 »	I	II	—	—	—	
1111		1,0	3 »	IV	—	—	—	—	
7		»	4 »	0	0	I	II	—	
817		»	4 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
1113	Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	IV	IV	—	—	Sehr schwache mikroskop. Entwicklung
630		»	48 »	0	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
641		»	72 »	III	—	—	—	—	
1118		0,25	24 »	V	V	—	—	—	Sehr geringe Entwickl.
639		0,5	24 »	0	IV	—	—	—	Mäfsige Entwicklung m. geringen Gasblasen
88		»	48 »	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung m. Gasbildung
85		»	72 »	V	V	—	—	—	
149		»	96 »	V	V	—	—	—	
1119		0,75	24 »	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1823		1,0	24 »	I	—	—	—	—	
631		»	48 »	IV	IV	—	—	—	Ziemlich üppige Entw. und Gasbildung
644		»	72 »	III	—	—	—	—	
632		2,0	48 »	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entw.
645		»	72 »	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1115		3,0	11 Tage	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entw.
1539		4,0	3 »	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1826		5,0	4 »	?	III	—	—	—	
1116		»	12 »	X	X	III	—	—	
1538		6,5	4 »	III	—	—	—	—	
1828		7,0	15 »	I	I	II	II	II	Mikroskopische Entw.
1829		7,5	15 »	0	0	0	0	0	
1830		8,0	15 »	0	0	0	0	0	Fragliche Vermehrung
1831		9,0	15 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum
1832		10,0	15 »	0	0	0	0	0	

c. Bacillus anthracis symptomatici (bei 34° C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				sofort	1	2	3	5	
1132	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	0	0	I	I	I	Schwache Entwicklung
843		0	4 »	III	III	IV	—	—	
1133		0,5	3 »	II	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
844		0,5	4 »	II	V	V	—	—	
203		0,5	8 »	IV	V	—	—	—	
845		1,0	4 »	0	0	0	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1134		1,0	5 »	I	?	?	III	—	Schwache Entwicklung
1138	Fleischpeptongelatine	0	36 Stunden	0	0	0	—	—	Keine Entwicklung?
655		0	24 »	0	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
670		0	72 »	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1150		0,25	24 »	III	V	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
668		0,5	24 »	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
76		0,5	48 »	IV	V	—	—	—	Üppige Entwickl. u. Gasbildg.
63		0,5	96 »	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1921		0,5	96 »	IV	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
62		0,5	5 Tage	IV	V	V			Üppige Entwickl. u. Gasbildg.
1151		0,75	1 »	IV	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
656		1,0	2 »	0	III	—	—	—	
677		1,0	3 »	III	—	—	—	—	
657		2,0	2 »	0	II	—	—	—	
678		2,0	3	II	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1821		3,0	5 »	II	III	—	—	—	
1144		3,0	11 »	0	0	0	0	II	Nur mikroskop. Entwicklung
1593		4,0	10 »	I	I	—	—	—	
1149		5,0	12	0	0	0	0	III	
1578		6,5	4	IV	—	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1819		7,0	15 »	0	0	0	0	0	Nur mikroskop. Entwicklung
1820		7,5	15 »	0	0	0	0	0	Kein Wachstum

Tabelle VII.

a. Bacillus brevis (Bacillus lactis Nr. 1) bei 34° C.

Versuchs-nummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildg. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur u. bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	4	
348	2% T. Zuckerbouill. (neutral)	5 Tage	0	II	II	III	IV	Klar m. Bodensatz
689	do.	16 »	0	X	II	—	—	Starke Trübung
349	0,2% Sodabouill. (alkal.)	5 »	0	III	III	—	—	Schwache Trübung
351	do.	16 »	I	IV	—	—	—	
350	0,1% Säurebouillon (sauer)	5 »	X	I	III	IV	IV	Mäfsige Trübung
352	do.	10 »	I	III	—	—	—	
353	Konbudekokt	5 »	0	—	—	—	—	
855	do.	17 »	0	—	—	—	—	
690	do.	18 »	0	0	III	—	—	
488	Pyrogallolbouillon	5 »	0	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
487	do.	9 »	II	—	—	—	—	
489	do.	10 »	II	—	—	—	—	
491	1% Tragacanthlösung	3 »	X	X	III	IV	IV	Üppige Entwicklung
354	do.	10 »	II	IV	—	—	—	
483	10% Gummilösung	$1^1/_2$ »	X	IV	—	—	—	
355	do.	10 »	I	IV	—	—	—	
346	30% Gummilösung	$3^1/_2$ »	I	I	II	IV	—	Makroskopisch undeutliche Entwicklung
356	do.	10 »	II	IV	—	—	—	
490	0,2% Fleischpeptonagar	3 »	0	0	—	—	IV	Üppige Entwicklung
686	Fleischpeptongelatine	2 »	X	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
687	1% Kochsalzgelatine	2 »	X	II	—	—	—	
688	2% Kochsalzgelatine	2 »	X	II	—	—	—	
231	0,15% Säuregelat. (sauer)	1 »	I	II	IV	—	—	Üppige Entwicklung
357	0,5% Sodagelat. (alkalisch)	5 »	0	III	—	—	—	
347	do.	9 »	II	III	IV	—	—	Üppige Entwicklung, Gasbildung u. Involutionsformen
232	1% Sodagelatine (alkalisch)	5 »	0	0	0	II	—	
691	do.	9 »	II	IV	V	—	—	
484	2% Traubenzuckergelatine	7 »	0	II	II	—	—	Mäfsige Entwicklung
692	do.	9 »	II	V	—	—	—	
485	do.	16 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
486	do.	23 »	V	—	—	—	—	

b. Bacillus X (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	4	
320	2 % Traubenzucker-bouillon (neutral)	5 Tage	0	II	IV	V	V	Mäfsige Trübung
697	do.	16 »	0	0	I	II	—	Mäfsige Trübung und Involutionsformen
321	0,2 % Sodabouillon (alkalisch) . . .	5 »	0	II	II	III	—	Mäfsige Trübung
323	do.	10 »	0	I	II	—	—	
322	0,1 % Säurebouillon (sauer)	5 »	0	0	II	III	IV	Starke Trübung
324	Pyrogallolbouillon .	2 »	0	0	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
447	do.	9 »	III	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
448	1 % Tragacanthlös.	3 »	0	0	0	I	I	Kein Wachstum?
325	do.	4 »	0	0	0	0	0	
444	1,0 % Gummilös. .	1½ »	X	IV	—	—	—	Undeutliches Wachstum
326	do.	4 »	0	IV	IV	—	—	Schwache Entwickl.
318	3,0 % Gummilös. .	3½ »	0	I	I	—	—	
694	Fleischpeptongelat.	2 »	?	I	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
695	1 % Kochsalzgelat.	2 »	0	II	—	—	—	
696	2 % »	2 »	0	II	—	—	—	
229	0,15 % Säuregelatine (sauer) . .	1 »	II	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
312	do.	5 »	IV	IV	V	—	—	
327	0,5 % Sodagelatine (alkalisch) . . .	1 »	0	II	—	—	—	
319	do.	11 »	I	IV	—	—	—	
313	1 % Sodagelatine (alkalisch) . . .	13 »	0	0	0	II	—	Mäfsige Entwicklung
698	2 % Traubenzucker-gelatine	2 »	0	I	II	—	—	
445	do.	7 »	0	0	0	II	—	
699	do.	11 »	II	II	III	—	—	
446	do.	16 »	IV	V	—	—	—	

Tabelle VIII.

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke ccm	Luftdruck mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke ccm	Versuchsdauer in Tagen	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der Glocke und bei normalem Luftdruck sofort	1	2	Wachstum
a. Bacillus anthracis (bei Zimmertemperatur).										
859	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	I	II	
865	Agar	—	»	»	0	—	—	0	II	Üppig
866	Gelatine	—	»	»	0	—	—	0	II	
885	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	0	II	—	
886	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	1	II	—	
887	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	I	II	V	
888	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	0	0	V	
990	»	2620	60,0	43,00	2413	9	0	—	—	Üppig
988	»	2990	55,0	45,06	0	8	III	—	—	
989	Gelatine	2990	55,0	45,06	0	8	II	—	—	
889	Agar	2620	49,0	36,54	0	6	IV	—	—	
890	Kartoffel	2620	49,0	36,54	0	6	0	X	III	
893	Agar	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	II	
891	»	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
892	Gelatine	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
894	Agar	2620	12,4	9,02	0	11	0	0	—	Schwach
991	»	2620	4mal nach jedesmal. Zuleiten v. H auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	0	I	II	
992	»	2275	5mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	0	II	—	
b. Bacillus mycoides (bei Zimmertemperatur).										
858	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	X	IV	
863	Agar	—	»	»	0	—	—	0	II	Üppig
864	Gelatine	—	»	»	0	—	—	0	II	
919	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	?	—	—	
918	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	II	—	—	Üppig
921	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	X	X	II	
920	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	IV	—	—	
930	»	2620	60,0	43,00	2413	9	V	V	V	üppig, ab. keine verzw. Auslauf.
923	Kartoffel	2620	49,0	36,54	0	6	?	—	—	Üppig
922	Agar	2620	49,0	36,54	0	6	IV	—	—	
926	»	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	—	
924	»	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	Mäßig
925	Gelatine	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
927	Agar	2620	12,4	9,02	0	5	0	—	—	
928	»	2620	4mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	0	—	—	Sehr schwach
929	»	2275	5mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	0	—	—	

c. Bacillus subtilis (bei Zimmertemperatur).

Versuchs-Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luftdruck			Wachstum
							sofort	1	2	
860	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	Üppig
867	Agar	—	»	»	0	—	—	II	IV	
868	Gelatine	—	»	»	0	—	—	II	III	
904	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	II	IV	—	Üppig
903	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	IV	—	—	
906	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	I	—	—	
905	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	0	—	—	Sehr schwach
910	Agar	2620	60,0	43,00	2413	9	IV	—	—	
908	Kartoffel	2620	49,0	36,59	0	6	0	—	—	Üppig
907	Agar	2620	49,0	36,59	0	6	0	—	—	Spur
909	Gelatine	2510	21,3	11,01	0	6	0	—	—	Üppig
911	Agar	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	0	—	—	Undeutlich
912	Agar	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	0	—	—	Mäßig

d. Bacillus X (bei Zimmertemperatur).

Versuchs-Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luftdruck			Wachstum
							sofort	1	2	
881	Agar	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	Üppig
942	»	2620	60,0	43,00	2413	9	III	—	—	Üppig
940	»	2950	32,1	26,21	0	5	IV	—	—	
941	»	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—	
945	»	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	I	—	—	
946	»	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	IV	—	—	
943	»	2620	6 mal auf 257,5 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	II	—	—	
1924	»	—	—	0	rein H.	5	II	—	—	Üppig

e. Bacillus brevis (lactis Nr. 1 Flügge) bei Zimmertemperatur.

Versuchs-Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luftdruck			Wachstum
							sofort	1	2	
861	Agar	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	Üppig
862	Gelatine	—	»	»	0	—	—	0	II	
934	Agar	2620	60,0	43,00	2413,00	9	0	—	—	Üppig
932	»	2950	32,1	26,21	0	5	X	—	—	
931	»	2510	21,3	11,01	0	6	0	—	—	
933	»	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—	
937	»	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867,00	16	I	—	—	
938	»	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620,00	12	III	—	—	
936	»	2620	6 mal auf 257,5 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	0	—	—	
935	»	2950	5 mal auf 60 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 0045	2950,00	14	II	—	—	
1922	»	—	—	0	rein H.	5	I	—	—	Üppig
1923	»	—	—	0	»	6	III	—	—	

f. Clostridium butyricum (bei Zimmertemperatur).

Versuchs-Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer in Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luftdruck			Wachstum
							sofort	1	2	
962	Gelatine	2990	210,0	172,00	0	9	0	—	—	kein Wachstum
963	»	2990	210,0	172,00	2164	4	0	—	—	
959	Agar	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	—	
960	»	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—	
967	Gelatine	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	V	—	—	Zimlich üppig
968	Agar	2620	»	0,008	867	16	IV	—	—	
969	Gelatine	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	III	—	—	
964	»	2620	6 mal auf 257,5 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	II	—	—	
965	»	2620	»	0,000 000 000 000 133	914,77	16	IV	—	—	
961	»	2950	5 mal auf 60 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 0045	2970	14	V	—	—	
42	»	—	—	0	rein H.	10	X	IV	—	Üppig
52	»	—	—	0	» »	16	III	V	—	
1925	Agar	—	—	0	» »	16	II	IV	—	

Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaeroben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1391	Bacillus typhosus	Clostridium butyricum	Starke Trüb.	X	III	—	—	—
1392		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1393		Bacillus sporogenes		X	IV	—	—	—
1394		Bacillus oedematis maligni		0	IV	—	—	—
1395		Bac. anthracis symptomatici		0	III	—	—	—
1331	Bacillus coli comm.	Clostridium butyricum	Starke Trüb.	0	0	IV	—	—
1332		Bacillus botulinus		0	0	IV	—	—
1333		Bacillus sporogenes		0	0	III	—	—
1334		Bacillus oedematis maligni		0	II	IV	—	—
1335		Bac. anthracis symptomatici		I	III	—	—	—
1251	Bacillus acidi lactici	Clostridium butyricum	Starke Trübung u. Gasbildung. Nach 6 Tagen klärt sie sich wieder auf	I	I	I	II	0
1252		Bacillus botulinus		III	II	III	III	0
1253		Bacillus sporogenes		0	X	II	III	I
1254		Bacillus oedematis maligni		0	X	I	II	0
1255		Bac. anthracis symptomatici		0	X	II	II	0
1241	Bac. proteus vulgaris I	Clostridium butyricum	Nach 1 Tag mäfsige Trüb., nach 6 Tg. klärt sie sich allmähl. wieder auf	0	0	II	I	I
1242		Bacillus botulinus		II	II	II	I	I
1243		Bacillus sporogenes		I	I	II	I	I
1244		Bacillus oedematis maligni		0	0	II	II	0
1245		Bac. anthracis symptomatici		0	0	III	0	0
1411	Bac. proteus vulgaris II	Clostridium butyricum	N. 1 Tg bl. d. Bouill. noch klar, n. 2 Tagen mäfs. Trb.	X	II	—	—	—
1412		Bacillus botulinus		X	II	—	—	—
1413		Bacillus sporogenes	n. 1 T. m. Tr.	0	0	IV	—	—
1414		Bacillus oedematis maligni	wie b. B. botulinus	X	IV	—	—	—
1415		Bac. anthracis symptomatici		I	II	—	—	—
1311	Bac. proteus Zopfii	Clostridium butyricum	Spur Trüb.	0	III	?	—	—
1312		Bacillus botulinus	Mässige Trübung	0	IV	III	—	—
1313		Bacillus sporogenes		0	II	IV	—	—
1314		Bacillus oedematis maligni		X	III	III	—	—
1315		Bac. anthracis symptomatici		0	II	0?	—	—

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1201	Bacillus prodigiosus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	II	II	—	—	—
1202		Bacillus botulinus		I	II	—	—	—
1203		Bacillus sporogenes		I	V	—	—	—
1204		Bacillus oedematis maligni		I	IV	—	—	—
1205		Bac. anthracis symptomatici		0	0	X	I	I
1211	Bacillus fluorescens liquefaciens	Clostridium butyricum	Starke Trübung und Gasbildung	I	I	IV	—	—
1212		Bacillus botulinus		X	I	I	III	—
1213		Bacillus sporogenes		III	II	II	—	—
1214		Bacillus oedematis maligni		X	I	I	IV	—
1215		Bac. anthracis symptomatici		II	III	—	—	—
1321	Theebraun-farb. Bacill.	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	I	III	—	—	—
1322		Bacillus botulinus		?	III	—	—	—
1323		Bacillus sporogenes		III	III	—	—	—
1324		Bacillus oedematis maligni		I	II	—	—	—
1325		Bac. anthracis symptomatici		III	III	—	—	—
1291	Bacillus rubefaciens pyogenes	Clostridium butyricum	Starke Trübung	0	I	II	—	—
1292		Bacillus botulinus		0	III	II	—	—
1293		Bacillus sporogenes		0	II	0	—	—
1294		Bacillus oedematis maligni		I	II	0	—	—
1295		Bac. anthracis symptomatici		0	II	0	—	—
1221	Bacillus pituitosus	Clostridium butyricum	Diffuse starke Trübung	II	II	II	—	—
1222		Bacillus botulinus		I	I	II	—	—
1223		Bacillus sporogenes		II	V	—	—	—
1224		Bacillus oedematis maligni		I	III	III	—	—
1225		Bac. anthracis symptomatici		X	I	II	—	—
1341	Bacillus pyocyaneus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	I	III	—	—	—
1342		Bacillus botulinus		I	III	—	—	—
1343		Bacillus sporogenes		I	III	—	—	—
1344		Bacillus oedematis maligni		?	III	—	—	—
1345		Bac. anthracis symptomatici		0	I	III	—	—

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischbouillon-Kultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon in Tagen 1	2	3	4	6
1281	Bacillus odoratus	Clostridium butyricum	Starke Trübung und Gasbildung	0	0	0	0	?
1282		Bacillus botulinus		X	II	II	—	—
1283		Bacillus sporogenes		0	IV	II	0	—
1284		Bacillus oedematis maligni		I	IV	III	—	—
1285		Bac. anthracis symptomatici		0	0	I	III	IV
1301	Bacillus aëro-philosimilis	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	X	III	III	—	—
1302		Bacillus botulinus		0	I	V	—	—
1303		Bacillus sporogenes		0	IV	V	—	—
1304		Bacillus oedematis maligni		0	IV	III	III	0
1305		Bac. anthracis symptomatici		0	V	III	II	0
1271	Bacillus lactis innocuus	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	0	0	0	I	II
1272		Bacillus botulinus		0	I	II	—	—
1273		Bacillus sporogenes		0	II	III	—	—
1274		Bacillus oedematis maligni		0	IV	III	—	—
1275		Bac. anthracis symptomatici		0	III	IV	—	—
1371	Bacillus late-ricium	Clostridium butyricum	Klar bis schwache Trübung	0	II	—	—	—
1372		Bacillus botulinus		X	II	—	—	—
1373		Bacillus sporogenes		II	III	—	—	—
1374		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1375		Bac. anthracis symptomatici		I	IV	—	—	—
1381	Bacillus coli non fervoris	Clostridium butyricum	Klar	0	II	—	—	—
1382		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1383		Bacillus sporogenes	Schwache Trübung	0	II	—	—	—
1384		Bacillus oedematis maligni	Klar	III	III	—	—	—
1385		Bac. anthracis symptomatici		III	II	—	—	—
1231	Bacillus annula-tus aureus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	0	I	I	II	0
1232		Bacillus botulinus		0	X	X	I	0
1233		Bacillus sporogenes		I	I	?	I	I
1234		Bacillus oedematis maligni		I	?	?	0	0
1235		Bac. anthracis symptomatici		I	I	II	I	0

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1261	Bacillus aus Eiter	Clostridium butyricum	Erst sarke, nach 5 Tagen schwache Trüb.	0	0	I	II	0
1262		Bacillus botulinus		0	0	IV	0	0
1263		Bacillus sporogenes		I	II	II	?	0
1264		Bacillus oedematis maligni		0	I	I	II	0
1265		Bacillus anthracis symptom.		I	I	I	I	0
1361	Vibrio choler. asiacikae	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	0	I	IV	—	—
1362		Bacillus botulinus		0	0	III	—	—
1363		Bacillus sporogenes		III	IV	—	—	—
1364		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1365		Bacillus anthracis symptom.		III	—	—	—	—
1401	Vibrio Metschnikowi	Clostridium butyricum	do.	X	III	—	—	—
1402		Bacillus botulinus		X	III	—	—	—
1403		Bacillus sporogenes		I	III	—	—	—
1404		Bacillus oedematis maligni		I	II	—	—	—
1405		Bacillus anthracis symptom.		0	III	—	—	—
1351	Mikrococcus tetragenus	Clostridium butyricum	do.	0	X	II	—	—
1352		Bacillus botulinus		I	I	III	—	—
1353		Bacillus sporogenes		I	I	IV	—	—
1354		Bacillus oedematis maligni		III	—	—	—	—
1355		Bacillus anthracis symptom.		I	I	IV	—	—

Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agar-strichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1396	Bacillus typhosus	Clostridium butyricum	Nicht dicke Auflagerung	I	II	II	—	—
1397		Bacillus botulinus		I	II	—	—	—
1398		Bacillus sporogenes		III	—	—	—	—
1399		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1400		Bacillus anthracis symptom.		I	II	—	—	—

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agarstrich-kultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in Tagen				
				1	2	3	4	6
1336	Bacillus coli comm.	Clostridium butyricum	ziemlich dicke Auflagerung u. Gasbildung	I	IV	—	—	—
1337		Bacillus botulinus		0	0	0	IV	—
1338		Bacillus sporogenes		III	III	—	—	—
1339		Bacillus oedematis maligni		I	III	—	—	—
1340		Bacillus anthracis symptomat.		0	0	0	I	II
1256	Bacillus acidi lactici	Clostridium butyricum	dünne Aufl.	I	III	—	—	—
1257		Bacillus botulinus	dicke Aufl.	V	—	—	—	—
1258		Bacillus sporogenes	dünne Auflagerg.	0	III	—	—	—
1259		Bacillus oedematis maligni		V	III	—	—	—
1260		Bacillus anthracis symptomat		X	X	0	III	—
1246	Bacillus proteus vulgaris I	Clostridium butyricum	dicke Auflag.	IV	V	—	—	—
1247		Bacillus botulinus		II	V	—	—	—
1248		Bacillus sporogenes	dünne Auflag.	0	I	II	V	—
1249		Bacillus oedematis maligni		0	0	II	—	—
1250		Bacillus anthracis symptomat.		0	0	0	0	III
1416	Bacillus proteus vulgaris II	Clostridium butyricum	dünne Auflagerg.	0	I	—	—	—
1417		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1418		Bacillus sporogenes		0	II	—	—	—
1419		Bacillus oedematis maligni		I	III	—	—	—
1420		Bacillus anthracis symptomat.		0	I	—	—	—
1316	Bacillus proteus Zopfii	Clostridium butyricum	dünne Aufl.	0	0	II	—	—
1317		Bacillus botulinus	dicke Auflag.	IV	V	—	—	—
1318		Bacillus sporogens		V	—	—	—	—
1319		Bacillus oedematis malignis		V	—	—	—	—
1320		Bacillus anthracis symptomat.	dünne Aufl.	0	III	—	—	—
1206	Bacillus prodigiosus	Clostridium butyricum	mäfsig dicke Auflag.	I	V	—	—	—
1207		Bacillus botulinus		0	V	—	—	—
1208		Bacillus sporogenes	dünne Aufl.	0	IV	—	—	—
1209		Bacillus oedematis maligni	mäfsig dicke Auflag.	0	V	—	—	—
1210		Bacillus anthracis symptomat.		?	?	X	?	V

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischstrichagarkultur	Sporenbildung der Anaëroben; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1216	Bac. fluorescens liquefac.	Clostridium butyricum	Dicke Auflag.	0	III	—	—	—
1217		Bacillus botulinus		III	—	—	—	—
1218		Bacillus sporogenes		III	—	—	—	—
1219		Bacillus oedematis maligni		IV	—	—	—	—
1220		Bac. anthracis symptomatici		0	III	—	—	—
1326	Theebraunfarb. Bacillus	Clostridium butyricum	Dünne Aufl.	0	I	—	—	—
1327		Bacillus botulinus		IV	—	—	—	—
1328		Bacillus sporogenes		IV	—	—	—	—
1329		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1330		Bac. anthracis symptomatici		III	—	—	—	—
1296	Bac. rubefac. pyogenes	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	V	—	—	—
1297		Bacillus botulinus	Mäfsig dick. Aufl	IV	—	—	—	—
1298		Bacillus sporogenes		X	III	—	—	—
1299		Bacillus oedematis maligni	Dicke Aufl.	X	X	?	II	—
1300		Bac. anthracis symptomatici	Dünne Aufl.	0	X	X	III	—
1226	Bacillus pituitosus	Clostridium butyricum	Dicke Auflag.	0	X	III	—	—
1227		Bacillus botulinus		X	X	0	V	—
1228		Bacillus sporogenes	Mäfsig dick. Aufl.	0	X	III	—	—
1229		Bacillus oedematis maligni		X	X	X	II	—
1230		Bac. anthracis symptomatici	Dünne Aufl.	0	V	—	—	—
1346	Bacillus pyocyaneus	Clostridium butyricum	Dicke Auflag.	II	—	—	—	—
1347		Bacillus botulinus		0	0	0	I	—
1348		Bacillus sporogenes		II	—	—	—	—
1349		Bacillus oedematis maligni		III	—	—	—	—
1350		Bac. anthracis symptomatici		0	0	0	II	—
1286	Bacillus odoratus	Clostridium butyricum	Dicke Auflag.	0	II	—	—	—
1287		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1288		Bacillus sporogenes	Dünne Aufl.	II	—	—	—	—
1289		Bacillus oedematis maligni	Dicke Auflag.	II	—	—	—	—
1290		Bac. anthracis symptomatici		I	III	—	—	—

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agar-strichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1306	Bacillus aerophilo-similis	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	0	0	III	—
1307		Bacillus botulinus		V	V	V	V	—
1308		Bacillus sporogenes		0	X	X	V	—
1309		Bacillus oedematis maligni		0	0	0	V	—
1310		Bac. anthracis symptomatici		V	—	—	—	—
1276	Bacillus lactis innocuus	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	IV	—	—	—
1277		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1278		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1279		Bacillus oedematis maligni		0	0	0	V	—
1280		Bac. anthracis symptomatici	Dünn. Aufl.	0	0	0	0	V
1376	Bacillus latericium	Clostridium butyricum	Dünne Aufl.	0	I	—	—	—
1377		Bacillus botulinus		I	I	—	—	—
1378		Bacillus sqorogenes		I	I	—	—	—
1379		Bacillus oedematis maligni		I	I	—	—	—
1380		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1386	Bacillus coli non fervoris	Clostridium butyricum	Dünne Aufl.	III	III	—	—	—
1387		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1388		Bacillus sporogenes		II	III	—	—	—
1389		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1390		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1236	Bacillus annulatus aureus	Clostridium butyricum	Dünn Aufl.	0	0	III	—	—
1237		Bacillus botulinus	Dicke Aufl.	X	IV	—	—	—
1238		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1239		Bacillus oedematis maligni		0	III	—	—	—
1240		Bac. anthracis symptomatici	Dünn Aufl.	0	III	—	—	—
1266	Bacillus aus Eiter	Clostridium butyricum	Mäfsig dicke Aufl.	II	II	—	—	—
1267		Bacillus botulinus	Dicke Aufl.	V	—	—	—	—
1268		Bacillus sporogenes	Dünne Aufl.	0	0	0	II	III
1269		Bacillus oedematis maligni		X	X	X	V	—
1270		Bac. anthracis symptomatici	Dicke Aufl.	V	—	—	—	—

Fortsetzung von Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischagarstrichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1366	Vibrio cholerae asiaticae	Clostridium butyricum	Dünne Auflage	II	II	—	—	—
1367		Bacillus botulinus		0	I	—	—	—
1368		Bacillus sporogenes		X	II	—	—	—
1369		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1370		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1406	Vibrio Metschnikowi	Clostridium butyricum	Dünne Auflage	0	0	0	I	II
1407		Bacillus botulinus		0	0	II	—	—
1408		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1409		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1410		Bac. anthracis symptomatici		IV	—	—	—	—
1356	Mikrococcus tetragenus	Clostridium butyricum	Ziemlich dünne Auflage	0	II	II	—	—
1357		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1358		Bacillus sporogenes		0	II	—	—	—
1359		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1360		Bac. anthracis symptomatici		IV	—	—	—	—

Tabelle XI.

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur °C.	Verweilen im Brütschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Bemerkung
				sofort	1	2	3	4	6	
a. Clostridium butyricum.										
18	Bouillon	18	28 Tage	0	0	0	0	—	—	Mikroskopisch Involutionsformen
54	Bouillon	20	28 »	?	?	?	?	?	?	
1024	Bouillon	34	3 »	I	III	—	—	—	—	Schwache Trübung
720	Bouillon	34	4 »	III	IV	—	—	—	—	Starke Trübung
50	Bouillon	34	10 »	?	I	I	II	II	—	Mäfsige Trübung
51	2% T.-Zucker-Bouill.	20	28 »	0	0	I	?	—	—	Meist Involutionsformen
267	2% T.-Zucker-Bouill.	34	4 »	II	II	—	—	—	—	Schwache Trübung
218	Gewöhnliche Gelatine	22	5 »	0	0	0	—	—	—	Makroskopisch klar
47	Gewöhnliche Gelatine	22	15 »	I	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
40	Gewöhnliche Gelatine	22	26 »	IV	IV	—	—	—	—	Sehr üppige Entwicklung und oft Involutionsformen
548	Gewöhnliche Gelatine	34	1 »	0	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
43	Gewöhnliche Gelatine	34	2 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
358	2% T.-Zucker-Gelatine	21	6 »	0	0	0	0	II	III	Starke Entwicklung und Gasbildung
357	2% T.-Zucker-Gelatine	20	7 »	0	0	X	X	II	III	
42	2% T.-Zucker-Gelatine	22	10 »	X	IV	—	—	—	—	
52	2% T.-Zucker-Gelatine	22	16 »	III	V	—	—	—	—	
219	2% T.-Zucker-Gelatine	34	1 »	III	IV	—	—	—	—	Sehr üppige Entwicklung und Gasbildung
b. Bacillus botulinus.										
5	Bouillon	22	5 Tage	0	0	0	0	—	—	Schwache Trübung
1460	Bouillon	24	32 »	X	IV	—	—	—	—	Trübung mit Bodensatz
27	Bouillon	22	38 »	X	I	I	III	IV	—	Mäfsig starke Trübung
8	Bouillon	22	60 »	?	?	?	?	?	—	Mikroskopisch nur Involutionsformen
12	Bouillon	34	5 »	0	0	0	–	—	—	Starke Trübung
141	Bouillon	34	8 »	III	III	—	—	—	—	
133	Gewöhnl. Gelatine	22	2 »	0	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
132	Gewöhnl. Gelatine	22	5 »	I	II	—	—	—	—	Verflüssigung und Gasbildung
577	Gewöhnl. Gelatine	34	1 »	III	—	—	—	—	—	Trübung
131	2% T.-Zucker-Gelatine	22	23 »	0	0	X	X	II	—	Verflüssigung und Gasbildung
461	2% T.-Zucker-Gelatine	22	25 »	IV	—	—	—	—	—	
463	2% T.-Zucker-Gelatine	22	27 »	IV	—	—	—	—	—	
1612	2% T.-Zucker-Gelatine	34	21 Std.	0	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1651	2% T.-Zucker-Gelatine	34	23 »	I	III	—	—	—	—	

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur °C.	Verweilen im Brutschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Bemerkung
				sofort	1	2	3	4	6	
				c. Bacillus sporogenes.						
9	Bouillon	22	4 Tage	0	0	I	I	—	—	Starke Trübung
104		22	20 »	0	0	0	0	0	?	Mäfsige Trübung
103		22	28 »	0	0	0	?	?	II	
1489		24	32 »	IV	—	—	—	—	—	Schwache Trübung
25		22	38 »	0	0	0	0	0	0	
4		34	4 »	0	0	II	—	—	—	
125		34	8 »	I	II	—	—	—	—	Starke Trübung
126		34	9 »	IV	IV	—	—	—	—	
105	2% T.-Zucker-Bouillon	22	20 »	0	0	0	—	—	—	Mäfsige Trübung
102		22	28 »	0	?	?	?	?	?	Klar mit Bodensatz
730		34	3 »	0	I	I	I	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
248		34	4 »	I	IV	—	—	—	—	
108	Gewöhnl. Gelatine	22	5 »	0	0	I	I	II	—	Schwache Entwicklung
113		22	20 »	0	0	0	II	—	—	Verflüssigung und Gasbildung
107		22	23 »	0	0	I	?	V	—	
609		34	1 »	IV	V	—	—	—	—	Klar
119		34	2 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Trüb. u. Gasbild.
123	2% Trauben-zuckergelatine	22	5 »	I	IV	—	—	—	—	Starke Verflüss.u.Gasbild.
502		20	13 »	0	0	0	III	—	—	Sehr schwache Entwickl.
503		21	20 »	II	III	—	—	—	—	Verflüssigung u. Gasbild.
1680		34	14 Std.	0	—	—	—	—	—	Mikroskop. Entwickl.
1681		34	22 »	I	—	—	—	—	—	
				d. Bacillus anthracis symptomatici.						
159	Bouillon	22	8 Tage	0	0	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
1546		22	32 »	III	V	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
203		34	8 »	IV	V	—	—	—	—	Starke Entwicklung
200	Gewöhnl. Gelatine	22	5 »	0	0	I	—	—	—	Makrosk. kein Wachstum
60		16	10 »	0	0	I	III	—	—	Verflüssigung u. Gasbild.
668		34	1 »	II	—	—	—	—	—	Makrosk kein Wachstum
76		34	2 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwickl. u. Gasb.
398	2% Trauben-zuckergelatine	21	24 »	IV	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
396		20	25 »	IV	—	—	—	—	—	
71		22	26 »	?	0	II	—	—	—	Verflüssigung der Gelatine
1732		22	28 »	IV	—	—	—	—	—	
1734		34	14 Std.	I	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1731		34	23 »	I	III	—	—	—	—	

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur °C.	Verweilen im Brutschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt: sofort	1	2	3	4	6	Bemerkung
				e. Bacillus oedematis maligni.						
7	Bouillon	22	4 Tage	0	0	0	0	I	I	Ziemlich starke Entwicklung
1	Bouillon	22	6 »	0	I	—	—	—	—	
2	Bouillon	22	8 »	0	I	—	—	—	—	
15	Bouillon	22	15 »	X	II	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
92	Bouillon	22	28 »	?	?	?	?	—	—	Mäfsige Entwicklung
1534	Bouillon	24	32 »	III	III	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
24	Bouillon	22	38 »	II	II	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
1110	Bouillon	34	3 »	0	IV	—	—	—	—	Üppige Entwickl. und Gasbildung
3	Bouillon	34	4 »	0	0	I	I	—	—	
816	Bouillon	34	4 »	I	II	—	—	—	—	Schwache Trübung mit Bodensatz
79	Bouillon	34	6 »	II	III	—	—	—	—	
91	2% Tr.-Zucker-Bouillon	22	28 »	0	0	0	I	I	I	Klar mit Bodensatz
82	2% Tr.-Zucker-Bouillon	34	2 »	0	—	—	—	—	—	Starke Trübung
806	2% Tr.-Zucker-Bouillon	34	3 »	III	IV	IV	—	—	—	
148	Gewöhnl. Gelatine	22	2 »	0	II	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
151	Gewöhnl. Gelatine	22	3 »	I	III	—	—	—	—	Spurweise Verflüssig. d. Gelat.
158	Gewöhnl. Gelatine	22	4 »	III	IV	—	—	—	—	Starke Verflüssigung der Gelatine und Gasbildung
156	Gewöhnl. Gelatine	22	5 »	V	—	—	—	—	—	
157	Gewöhnl. Gelatine	22	6 »	V	—	—	—	—	—	
28	Gewöhnl. Gelatine	21	11 »	V	—	—	—	—	—	
29	Gewöhnl. Gelatine	21	16 »	V	—	—	—	—	—	
30	Gewöhnl. Gelatine	21	20 »	V	—	—	—	—	—	
31	Gewöhnl. Gelatine	21	25 »	V	—	—	—	—	—	
639	Gewöhnl. Gelatine	34	1 »	0	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
88	Gewöhnl. Gelatine	34	2 »	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwickl. u. Gasb.
300	2% Traub.-Zucker-Gelatine	20	6 »	0	0	0	0	I	III	Verflüssigung der Gelatine und Gasbildung
299	2% Traub.-Zucker-Gelatine	21	6 »	0	0	0	0	II	III	
419	2% Traub.-Zucker-Gelatine	20	13 »	II	III	—	—	—	—	
418	2% Traub.-Zucker-Gelatine	21	13 »	II	III	—	—	—	—	
93	2% Traub.-Zucker-Gelatine	22	23 »	I	II	II	III	IV	—	
194	2% Traub.-Zucker-Gelatine	34	1 »	I	III	—	—	—	—	Starke Trüb. u. Gasbildg.
36	Gewöhnl. Agar	22	20 »	III	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
37	Gewöhnl. Agar	22	25 »	III	—	—	—	—	—	
10	Gewöhnl. Agar	22	30 »	III	—	—	—	—	—	
16	Gewöhnl. Agar	34	3 »	II	—	—	—	—	—	

Tabelle XII.

a. Clostridium butyricum.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln		Intensität der Sporenbildung; Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
				sofort	1	2	4	
1862	50° C	48 Stunden		0	0	—	—	
1863	50° C	72	»	0	0	—	—	Keine Entwicklung
1621	ca. 47° C	26	»	0	0	—	—	
1622	ca. 47° C	38	»	0	0	—	—	
1861	ca. 45,5° C	18	»	0	II	—	—	
1620	ca. 45,5° C	20½	»	I	II	—	—	
1619	ca. 45,5° C	24	»	I	II	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1860	ca. 41,5° C	12	»	0	II	—	—	
1618	ca. 41,5° C	14	»	II	—	—	—	
1617	ca. 41,5° C	18½	»	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1859	ca. 38° C	14	»	II	—	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1603	ca. 38° C	18	»	II	—	—	—	Sehr schwache Entwickl.
1602	ca. 38° C	24	»	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1623	ca. 35° C	14	»	0	—	—	—	
1572	ca. 35° C	18	»	II	—	—	—	
558	34° C [1]	16	»	X	III	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1572	34° C	18	»	II	IV	—	—	
1894	27° C	48	»	0	I	IV	—	Schwache Entwicklung
1895	27° C	5 Tage		II	—	—	—	
218	22° C	5	»	0	0	0	—	
42	22° C	10	»	X	IV	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung
47	22° C	15	»	II	III	—	—	
52	22° C	16	»	III	V	—	—	
358	21° C	6	»	0	0	0	II	
19	21° C	24	»	III	—	—	—	
357	20° C	7	»	0	0	X	II	Schwache Entwicklung
1896	17° C	28	»	I	—	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1874	16° C	30	»	0	0	0	0	
1875	14° C	38	»	0	0	0	0	
1876	12° C	60	»	0	0	—	—	Kein Wachstum
1877	ca. 0° C	60	»	0	0	—	—	

[1] 2 proz. Traubenzucker-Fleischpeptongelatine (ohne Kochsalz).

b. Bacillus botulinus.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur u. bei Luftzutritt.				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1867	50° C.	48 Std.	0	0	0	0	
1868	» »	72 »	0	0	0	0	
1644	ca. 47° C.	26 »	0	0	0	0	Kein Wachstum
1645	» »	38 »	0	0	0	0	
1866	» »	72 »	0	0	0	0	
1643	ca. 45,5° C.	18 »	0	II	—	—	Schwaches Wachstum
1642	» »	21 »	II	—	—	—	
1865	ca. 41,5° C.	8 »	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1640	» »	12½ »	I	—	—	—	
1641	» »	19 »	I	—	—	—	
1864	ca. 38° C.	13 »	II	—	—	—	
1639	» »	18 »	IV	—	—	—	
1638	» »	24 »	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
1646	ca. 35° C.	14 »	0	—	—	—	
1652	» »	21 »	0	1	—	—	
1651	»	23 »	I	III	—	—	
588	34° C.[1]	16 »	I	V	—	—	
732	» »[1]	24 »	II	V	—	—	Üppige Entwicklung
1897	27° C.	5 Tage	X	IV	—	—	
1898	» »	10 »	II	IV	—	—	
131	22° C.	23 »	0	0	X	II	Üppige Entwicklung mit Gasblasen
461	» »	25 »	IV	—	—	—	
463	» »	27 »	IV	—	—	—	
462	19–20° C.	25 »	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
1901	17° C.	38 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1902	16° »	38 »	I	—	—	—	
1869	14° »	40 »	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1870	12° »	60 »	0	—	—	—	
1871	8° »	60 »	0	—	—	—	Kein Wachstum
1872	ca. 0° »	60 »	0	—	—	—	

[1]) 2 proz. Traubenzucker-Fleischpeptongelatine.

c. Bacillus sporogenes.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung; Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1915	50° C	38 Stunden	0	0	0	—	Kein Wachstum
1916	50° C	72 »	0	0	0	—	
1678	ca. 47° C	26 »	0	0	I	—	Mikroskop. Entwicklung
1679	ca. 47° C	38 »	I	II	—	—	Sehr schwache Entwickl.
1914	ca. 45,5° C	18 »	0	II	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1677	ca. 45,5° C	20½ »	I	II	—	—	
1676	ca. 45,5° C	24 »	I	III	—	—	
1913	ca 41,5° C	8 »	0	II	—	—	
1675	ca. 41,5° C	14 »	II	—	—	—	
1674	ca. 41,5° C	18½ »	I	II	—	—	
1912	ca. 38° C	10 »	0	III	—	—	
1673	ca. 38° C	18 »	IV	V	—	—	Schwache Entwicklung
1672	ca. 38° C	24 »	III	V	—	—	
1680	ca. 35° C	14 »	0	IV	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1681	ca. 35° C	22 »	I	—	—	—	
619	34° C[1]	16 »	I	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1908	27° C	4 Tage	X	IV	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1909	27° C	5 »	II	—	—	—	
123	22° C	5 »	I	IV	—	—	
503	21° C	20 »	II	III	—	—	
502	20° C	13 »	0	0	0	III	Sehr schwache Entwickl.
1911	20° C	20 »	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
1912	19° C	30 »	I	—	—	—	
1882	17° C	38 »	I	—	—	—	
1883	16° C	38 »	I	—	—	—	
1884	14° C	50 »	0	0	0	0	Mikroskop. Entwicklung
1885	12° C	60 »	0	0	0	0	Kein Wachstum
1886	ca. 0° C	60 »	0	0	0	0	

[1]) 2% Traubenzuckerfleischpeptongelatine.

d. Bacillus oedematis maligni.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Std. in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, n. Öffnung d. H-Kultur und bei Luftzutritt sofort	1	2	4	Wachstum
1919	50° C.	38 Std.	0	0	—	—	Kein Wachstum
1918	50° C.	72 »	0	0	—	—	
1695	ca. 47° C.	26 »	0	0	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1696	ca. 47° C.	38 »	I	I	—	—	
1698	ca 45,5°C.	14 »	0	I	—	—	
1694	ca. 45,5°C.	18 »	I	—	—	—	
1693	ca. 45,5°C.	21 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1699	ca. 41,5°C.	12 »	0	I	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1692	ca. 41,5°C.	14 »	II	—	—	—	
1691	ca. 41,5°C.	18½ »	I	—	—	—	Schwache Trübung
1700	ca. 38° C.	14 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1690	ca. 38° C.	18 »	II	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung
1689	ca. 38° C.	24 »	III	—	—	—	
1701	ca. 35° C.	12 »	0	II	—	—	Makroskopisch klar
1697	ca. 35° C.	14 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
194	ca. 35° C.	24 »	I	III	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
1905	27° C.	24 »	0	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1906	27° C.	48 »	0	—	—	—	Schwache Entwicklung
1907	27° C.	60 »	I	III	—	—	Mäfsige Entwicklung
148	22° C.*)	48 »	0	II	—	—	Schwache Entwicklung
151	22° C.*)	72 »	I	III	—	—	Mäfsige Entwicklung
158	22° C.*)	96 »	III	IV	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
418	21° C.	13 Tage	II	—	—	—	Mäfsige Entwicklung
419	20° C.	13 »	II	—	—	—	Üppige Entwicklung
1910	19° C.	13 »	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
1888	17° C.	20 »	I	—	—	—	
1889	16° C.	28 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1890	14° C.	35 »	0	0	0	0	Mikroskopische Entwicklung
1891	12° C.	60 »	0	0	0	0	Kein Wachstum
1892	ca. 0° C.	60 »	0	0	0	0	

*) Gewöhnliche Gelatine.

e. Bacillus anthracis symptomaticis.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1851	50° C.	48 Std.	0	0	0	—	Kein Wachstum.
1852	» »	72 »	0	0	0	—	
1732	ca. 47° C.	26 »	0	0	0	—	
1733	» »	36 »	0	0	0	—	
1857	» »	72 »	0	0	0	—	
1856	ca. 45,5° C.	14 »	0	I	—	—	Mikroskopisch klar
1731	» »	19 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1730	» »	21 »	I	—	—	—	
1855	ca. 41,5° C.	10 »	0	—	—	—	Makroskopisch klar
1718	» »	12½ »	IV	—	—	—	
1720	» »	14 »	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1719	» »	19 »	III	—	—	—	
1854	ca. 38° C.	14 »	II	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1714	» »	18 »	III	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1713	» »	24 »	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
1858	ca. 35° C.	8 »	0	II	—	—	Mikroskopisch klar
1734	» »	14 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1735	» »	22 »	I	—	—	—	
1741	» »	23 »	I	III	—	--	
681	34° C.[1]	16 »	III	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
822	34° C.[1]	24 »	III	—	—	—	
1899	27° »	10 Tage	V	—	—	—	Mäſsige Entwicklung
1900	22° »	24 »	IV	—	—	—	
398	21° »	24 »	IV	—	—	—	
396	20° »	25 »	IV	—	—	—	
397	19° »	25 »	IV	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1903	17° »	38 »	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
60	16° »	10 »	0	0	I	III	
1904	» »	38 »	II	—	—	—	
1873	14° »	10 »	0	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1879	» »	38 »	I	—	—	—	
1880	12° »	60 »	0	0	0	0	Mikroskopische Entwicklung
1881	8° »	60 »	0	0	0	0	Kein Wachstum
1882	ca. 0° »	60 »	0	0	0	0	

[1]) 2 proz. Traubenzucker-Fleischpeptongelatine.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Clostridium butyricum, 10 Tage alte Kolonie auf Gelatineplatte unter Wasserstoff. Vergröfserung = 50 linear.

Fig. 2. Dasselbe, $2^1/_2$ Tage alte 2 proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei 34° C. und unter Wasserstoff. Vergröfserung = 0 linear.

Fig. 3. Dasselbe, 16 Tage alte 2 proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei Zimmertemperatur und im Vacuum bei 0,008 ccm Sauerstoffgehalt in 2620 ccm Glockenrauminhalt (S. Versuch 968 in Tabelle VIII f.). Vergröfserung = 0 linear.

Fig. 4. Bacillus sporogenes, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 3.

Tafel II.

Fig. 5. Bacillus X, 3 Tage alte Kolonie auf Gelatineplatte bei Luftzutritt. Vergröfserung = 50 linear.

Fig. 6. Bacillus anthracis symptomatici, $2^1/_2$ Tage alte 2 proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei 34° C. und unter Wasserstoff. Vergröfserung = 0 linear.

Fig. 7. Derselbe, 12 Tage alte 2 proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei Zimmertemperatur und im Vacuum bei 0,000 000 44 ccm Sauerstoff- und 620 ccm Wasserstoffgehalt in 2275 ccm Glockenrauminhalt (vgl. Versuch 969 in Tabelle VIII f.). Vergröfserung = 0 linear.

Fig. 8. Bacillus oedematis maligni, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 6.

Fig. 9. Derselbe, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 7.

